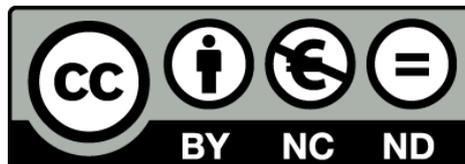


## La cascarilla cerámica como material escultórico

Lucido Petrillo



Aquesta tesi doctoral està subjecta a la llicència **Reconeixement- NoComercial - SenseObraDerivada 3.0. Espanya de Creative Commons.**

Esta tesis doctoral está sujeta a la licencia **Reconocimiento - NoComercial – SinObraDerivada 3.0. España de Creative Commons.**

This doctoral thesis is licensed under the **Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0. Spain License.**

Estudio de doctorado  
del EESS, Programa de  
Doctorado:  
“La realitat Assetjada:  
Posicionaments  
Creatius”  
Línea de investigación:  
“Art, natura i entorn”



Grup de Recerca BRAC:  
“Barcelona, Recerca, Art  
i Creació, 2009 SGR 1,  
de l’Agència de gestió  
d’Ajuts Universitaris de  
Recerca de la  
Generalitat de Catalunya



Beca Predoctoral de  
formació de personal  
investigador FI de la  
Generalitat de Catalunya



Agència  
de Gestió d'Ajuts  
Universitaris  
i de Recerca

Facultad de Bellas Artes, Universidad de Barcelona



## La cascarilla cerámica como material escultórico

Tesis doctoral presentada por

**Lucido Petrillo**

Dirigida por los doctores

**Miquel Àngel Planas Rosselló y Joan Antoni Valle Martí**

Barcelona, 2012

# III. LA CASCARILLA CERÁMICA Y LOS PROCEDIMIENTOS ESCULTÓRICOS TRADICIONALES

## ÍNDICE

<b>III.0. La cascarilla cerámica y los procedimientos escultóricos tradicionales</b>	199
<b>III.1. Procedimientos aditivos. Recubrimiento de soportes</b>	201
III.1.1. Productos auxiliares que permiten el recubrimiento: tensoactivos	201
III.1.1.1. Resultados de la aplicación de la papilla sobre los materiales sin tensoactivo	203
III.1.1.1.1. Aplicación de la papilla sobre soporte de cera sin tensoactivo	203
III.1.1.1.2. Aplicación de la papilla sobre soporte de plástico sin tensoactivo	204
III.1.1.1.3. Aplicación de la papilla sobre soporte de plancha de hierro sin tensoactivo	205
III.1.1.2. Resultados de la aplicación de goma laca como tensoactivo	207
III.1.1.2.1. Resultados de la aplicación de la papilla sobre soporte de cera con goma laca	207
III.1.1.2.2. Resultados de la aplicación de la papilla sobre soporte de plástico con goma laca	207
III.1.1.2.3. Resultados de la aplicación de la papilla sobre soporte de acero inoxidable con goma laca	208
III.1.1.3. Resultados de la aplicación con jabón como tensoactivo	208
III.1.1.3.1. Resultados de la aplicación de la papilla sobre soporte de cera con jabón	208
III.1.1.3.2. Resultados de la aplicación de la papilla sobre soporte de plástico con jabón	209
III.1.1.3.3. Resultados de la aplicación de la papilla sobre soporte de acero inoxidable con jabón	209
III.1.2. Modalidades de recubrimiento	211
III.1.2.1. Aplicaciones con pincel y brocha	211
III.1.2.2. Aplicaciones aerográficas con pistola	212
III.1.2.3. Aplicaciones aerográficas con pulverizador	213
III.1.2.4. Aplicación por recubrimiento: Apretón	213
III.1.2.5. Aplicación por recubrimiento: Inmersión	215
III.1.2.6. Aplicación por recubrimiento: Vertido	218
<b>III.2. Procedimientos aditivos. Moldeado con cascarilla cerámica</b>	221
III.2.1. Productos auxiliares: desmoldeantes	221
III.2.1.1. Aplicación de la papilla sobre los materiales sin desmoldeantes	222
III.2.1.1.1. Resultados sobre soporte de madera sin desmoldeante	222
III.2.1.1.2. Resultados sobre soporte de cartón sin desmoldeante	223
III.2.1.1.3. Resultados sobre soporte de papel sin desmoldeante	224
III.2.1.1.4. Resultados sobre soporte de escayola sin desmoldeante	225
III.2.1.2. Aplicación de la papilla sobre los materiales con desmoldeante de goma laca	226
III.2.1.2.1. Resultados sobre soporte de madera con goma laca	226
III.2.1.2.2. Resultados sobre soporte de cartón con goma laca	227
III.2.1.2.3. Resultados sobre soporte de papel con goma laca	227
CAPÍTULO III. La cascarilla cerámica y los procedimientos escultóricos tradicionales.	195

III.2.1.2.4. Resultados sobre soporte de escayola con goma laca	228
III.2.1.3. Aplicación de la papilla sobre los materiales recubiertos con desmoldeante de jabón	229
III.2.1.3.1. Resultados sobre soporte de madera con jabón	229
III.2.1.3.2. Resultados sobre soporte de cartón con jabón	230
III.2.1.3.3. Resultados sobre soporte de papel con jabón	230
III.2.1.3.4. Resultados sobre soporte de escayola con jabón	231
III.2.2. Productos auxiliares: separadores	232
III.2.2.1. Resultados de la aplicación de películas de plástico como separador para desmoldeado de la cascarilla cerámica	232
III.2.2.2. Resultados de la aplicación de películas de escayola y goma laca como separadores entre soporte de escayola y molde de cascarilla cerámica	234
III.2.3. Moldeado por recubrimiento de materiales combustibles	236
III.2.3.1. Soporte de ceras	238
III.2.3.2. Soporte de madera y aglomerado	238
III.2.3.3. Soporte de papel	239
III.2.3.4. Soporte de cartón	241
III.2.3.4.1. Soporte de cartón (tubo)	241
III.2.3.4.2. Soporte de cartón de nido de abeja	242
III.2.3.5. Soportes vegetales	244
III.2.3.6. Soporte de plástico	246
III.2.3.6.1. Soporte de poliestireno	247
III.2.3.7. Soportes textiles	249
<b>III.3. Procedimientos aditivos. Vaciado con cascarilla cerámica</b>	<b>251</b>
III.3.1. Vaciado a partir del molde perdido de escayola	251
III.3.1.1. La goma laca como tapaporo y desmoldeante para la escayola	252
III.3.1.2. Prueba previa de cocción de la escayola recubierta con cascarilla cerámica	252
III.3.1.3. Experiencia de realización de una escultura de cascarilla cerámica mediante el molde de escayola	253
III.3.1.4. Variantes de la conformación de la cascarilla cerámica en el molde de escayola	256
III.3.2. Vaciado a partir de molde perdido con mezcla de yeso y chamota	257
III.3.3. Vaciado a partir de moldes flexibles	258
III.3.3.1. Vaciado a partir de moldes flexibles prefabricados	259
III.3.3.2. Vaciado a partir de moldes plástico: plastilina	260
III.3.4. Vaciados a partir de moldes de silicona	261
III.3.4.1. Vaciado de cascarilla cerámica en hueco a partir de un molde de silicona por piezas abiertas	261
III.3.4.2. Vaciado de cascarilla cerámica en hueco a partir de un molde de silicona cerrado	263
III.3.4.3. Vaciado macizo de cascarilla cerámica a partir de un molde de silicona cerrado	264
III.3.4.4. Vaciado por apretón	266
III.3.5. Vaciado a partir de encofrados	267
III.3.5.1. Vaciado a partir de encofrados de conglomerado plastificado	267
III.3.5.2. Vaciado a partir de un encofrado de placas de cera	268
<b>III.4. Procedimientos aditivos Modelado con cascarilla cerámica</b>	<b>271</b>
III.4.1. Prueba de modelado de la mezcla cerámica	271
III.4.2. Modelado con masa densa aplicada sobre núcleos combustibles	272
III.4.3. Modelado sobre núcleos o estructuras no combustibles de acero	275
III.4.3.1. Soporte de varilla corrugada, cocida mediante horno	275

III.4.3.2. Soporte de varilla corrugada y lisa, cocción con soplete	276
III.4.3.3. Soporte de alambre	277
III.4.3.4. Mallas metálicas	278
III.4.3.5. Fibra de acero	279
III.4.4. Modelado sobre soportes de cascarilla cerámica	281
<b>III.5. Procedimientos sustractivos. Tallado y procedimientos abrasivos de la cascarilla cerámica</b>	<b>285</b>
III.5.1. Tratamientos sustractivos. Procedimientos de talla	285
III.5.2. Tratamientos sustractivos. Procedimientos abrasivos	287
III.5.2.1. Amoladora angular	288
III.5.2.2. Lija, lima, raspador (lima de madera) disco de desbaste	289
III.5.2.3. Cuchillo, cutter, espátula, tenaza y sierra para metal	290
III.5.2.4. Mecanizado (dremel)	292
<b>III.6. Procedimientos constructivos. Construcción, reconstrucción y restauración con cascarilla cerámica</b>	<b>295</b>
III.6.1. Tipo de papilla adecuada para unir piezas conformadas de cascarilla cerámica	295
III.6.2. Ensayo de resistencia con probetas restauradas del 2ª ensayo	297
III.6.3. Información de la recocción basada en experiencias previas	300
III.6.4. Unión y restauración de piezas de cascarilla cerámica	300
III.6.4.1. Procedimiento de preparación de fisuras	301
III.6.4.2. Procedimiento de reconstrucción y reposición de materia en los espacios huecos	301
III.6.5. Reciclaje de fragmento de molde de cascarilla cerámica en procesos de construcción	302
<b>III.7. Conclusiones del tercer capítulo</b>	<b>305</b>



### III.0. LA CASCARILLA CERÁMICA Y LOS PROCEDIMIENTOS TRADICIONALES ESCULTÓRICOS

En el capítulo anterior se han estudiado algunas de las propiedades físicas y mecánicas de la cascarilla cerámica; como la porosidad, la reducción de volumen, la resistencia a distintas temperaturas, y se han establecido los porcentajes de participación de los elementos que constituyen la papilla (sílice coloidal y Moloquita).

Dado que el objetivo general de la tesis pretende comprobar la utilidad de la cascarilla cerámica como material escultórico, es lógico plantearse la viabilidad de su uso en relación a los distintos procedimientos tradicionalmente considerados como escultóricos: modelado, moldeado, construcción y tallado.

Atendiendo los resultados de los estudios realizados en el capítulo segundo en las experiencias del tercer capítulo, se ha optado por emplear para la formación de la cascarilla cerámica, fundamentalmente sílice coloidal PW 50 y Moloquita -200 en la realización de la papilla, y Moloquita 50-80dd como grano para el rebozado. Aunque en ocasiones se ha experimentado también con otras composiciones.

A diferencia del capítulo anterior donde los estudios se han realizado de forma sistemática considerando múltiples variantes y resultados con valores cuantitativos, en éste prevalecen los estudios basados en experiencias de casos con valoraciones cualitativas, lo que se corresponde con la metodología de ensayos experimentales sistematizados. De todas formas, en algún apartado se ha arrastrado la sistemática del capítulo anterior para complementar los resultados obtenidos.

Este capítulo se ha estructurado en apartados atendiendo los siguientes procedimientos: los procedimientos de recubrimiento de soportes, los procedimientos de moldeado, los procedimientos de vaciado, los procedimientos de modelado, los procedimientos sustractivos de talla y los procedimientos constructivos.

Se ha empezado con los procedimientos de recubrimiento y moldeado, dado que la práctica de fundición aporta una tradición específica de sus usos. En el apartado dedicado al recubrimiento de soportes se estudia que tipo de productos pueden ser empleados como tensoactivos para facilitar los recubrimientos, y se incluyen las experiencias sobre los procedimientos de aplicación de la papilla. En el siguiente sobre moldeado se estudian los desmoldeantes y los separadores, además de sus procedimientos, considerando distintos tipos de soporte y estudiando el comportamiento de la papilla durante la aplicación y el secado sobre estos materiales. A continuación, se introduce el de vaciado; en éste se estudia la posibilidad conformar la cascarilla cerámica en los moldes tradicionales: de escayola, silicona, encofrados, etc. con el fin de estudiar las posibilidades de edición con la cascarilla cerámica.

En el apartado dedicado al procedimiento de modelado se estudia la viabilidad del uso de la cascarilla cerámica como material plástico en su uso para modelado. La talla se estudia en el siguiente apartado, considerando su viabilidad y los procedimientos adecuados. Con respecto a la construcción se estudia el uso de materiales de cascarilla cerámica que permitan unir, y se profundiza sobre la fortaleza de estas uniones, alcanzando las conclusiones pertinentes.



## III.1. PROCEDIMIENTOS RECUBRIMIENTO DE SOPORTES

## ADITIVOS.

La cascarilla cerámica, tal como la conocemos, va asociada a los procedimientos aditivos de recubrimiento de un soporte. Su trayectoria en las técnicas de fundición como molde de cascarilla la caracteriza en este sentido, por lo tanto parece lógico iniciar este capítulo a partir del uso más extendido de la cascarilla cerámica, su aplicación como material de recubrimiento.

No obstante, se ha dedicado a la aplicación de la cascarilla cerámica como recubrimiento un apartado independiente de la del moldeo, con la que mantiene un vínculo inequívoco, previendo la posible utilización de los sistemas de recubrimiento en otros procedimientos escultóricos.

Dado que los procedimientos de recubrimiento se vienen aplicando en las técnicas de fundición, se han tenido en consideración estos precedentes y expuesto su aplicación, dedicándole el primer apartado de este capítulo y empezando por los procedimientos previos al recubrimiento del patrón o soporte con cascarilla cerámica.

### III.1.1. PRODUCTOS AUXILIARES QUE PERMITEN EL RECUBRIMIENTO: TENSOACTIVOS

Al aplicar la papilla directamente sobre el soporte pueden aparecer dos inconvenientes:

- bien el soporte la repele, de manera que el recubrimiento no es homogéneo,
- bien la absorbe, creándose un enlace que inestabiliza la estructura en el secado y que se rompe con el desmoldeo; con la consiguiente pérdida de registro de la textura.

Estos problemas se solucionan aplicando sobre el soporte unos productos auxiliares:

- en el caso de la repulsión, aplicando los tensoactivos, cuya función es la de facilitar una aplicación homogénea sobre el soporte de la papilla sin que ésta sea repelida por el soporte.
- En el caso de la absorción, los desmoldeantes, cuya función es la de facilitar el desmoldeo sin pérdida de registro. El desmoldeante adecuado permite el recubrimiento con la papilla sin que ésta sea absorbida por el soporte, y por supuesto no altera la textura del soporte que se quiera reproducir. Los desmoldeantes son abordados en el apartado correspondiente de moldeo.

En la "Fonería", como en otros talleres de fundición, se utilizan como tensoactivos: la goma laca y el jabón. Estos dos productos han sido empleados para esta investigación, dada la familiaridad de su uso.

Los productos tensoactivos, "agentes de actividad superficial", son sustancias que son capaces de modificar las propiedades físicas de una superficie, reduciendo la tensión superficial de la interfase agua-sustancia grasa. De esta manera facilitan la eliminación por métodos físico-químicos de la suciedad adherida<sup>114</sup>.

Los jabones son uno de los tensoactivos más utilizados, de uso común, fácil encontrar, y económicos de fabricar. Hoy en día se consiguen en forma de detergentes domésticos e industriales, líquidos o sólidos. Los jabones y detergentes domésticos constituyen una importante fuente de sustancias orgánicas e inorgánicas.

---

<sup>114</sup> Mencías Rodríguez, E. y Mayero Franco L.M. (2000). Manual de toxicología básica. Ed. Díaz de Santos S.A. Madrid "Los tensoactivos son moléculas orgánicas, constituidas por una parte hidrófoba y otra hidrófila"(p. 436)

Se sabe, por experiencia en fundición, que el jabón se puede aplicar sobre la superficie de un material para evitar que la papilla sea repelida o absorbida por éste. Es frecuente su utilización en escultura, donde se aplica en el molde de yeso como un desmoldeante eficaz.

También se puede emplear goma laca como tensoactivo, ya que se adapta, en general, bien a todos los materiales. La goma laca es la única resina animal conocida<sup>115</sup>. La goma laca que usualmente se encuentra en el comercio es la laca en escamas o láminas (shellac), que contiene alrededor de 75% de resina y pequeñas cantidades de materia colorante, humedad e impurezas. Se presenta en masas hojosas, traslúcida de color amarillo claro o pardo oscuro. Se prepara disolviéndola en alcohol desnaturalizado (alcohol etílico), una proporción recomendable es la de 100g de goma laca por 500cc de alcohol. Para su disolución, se introducen ambos productos en un frasco y se agitan bien, dejando reposar durante 2-3 días.

La disolución obtenida permite su aplicación en capas que no alteran la textura del soporte utilizado, facilitando una buena reproducibilidad del objeto. La aplicación con pincel permite “mojar” correctamente la superficie del material, excepto en los casos en los que el soporte presenta rincones inaccesibles. Basta con una sola aplicación para que actúe como tensoactivo, por otro lado si se aplican más capas se corre el riesgo de crear una película que reste fidelidad en la reproducción de la textura.

Para su aplicación es indispensable adoptar las medidas de prevención establecidas para el alcohol, material sumamente inflamable y tóxico, realizando la operación en lugares bien ventilados, alejados de cualquier foco de ignición y utilizando gafas de seguridad.

En el siguiente apartado se ha pretendido evitar la dificultad de obtener un recubrimiento homogéneo con papilla sobre algunos materiales aplicando los dos productos tensoactivos. El procedimiento experimental consistió en aplicar estos dos tensoactivos, la goma laca y el jabón, sobre tres materiales que repelían la papilla, y a continuación aplicar la papilla sobre éstos.

### **Objetivo**

Se pretendió conocer la funcionalidad de la goma laca y el jabón como tensoactivos sobre algunos materiales de soporte, observando la efectividad en el recubrimiento realizado con diferentes tipos de papilla.

### **Materiales utilizados**

Como soporte se emplearon materiales de soporte que repeliesen la papilla (plástico, cera y planchas de metal) dificultando un recubrimiento homogéneo.

Como tensoactivos se aplicó jabón y goma laca.

Para la papilla cerámica, se ha empleado PW 50 y Moloquita -200, en las tres composiciones (35/65%, 40/60% y 45-55%) que se establecieron en el capítulo II. Para el rebozado grano de Moloquita 50-80dd.

### **Procedimiento**

Se prepararon los soportes cuadrados 6 x 6cm de cada material:

- Primer grupo: sobre tres de éstos no se aplicó tensoactivo,
- Segundo grupo: sobre otros tres se aplicó jabón.
- Tercer grupo: sobre los tres restantes, goma laca.

Para cada uno de estos grupos de soportes, se aplicó con pincel una composición distinta de papilla (35/65%, 40/60% y 45-55%). Estas papillas se rebozaron con grano de Moloquita 50-80dd obteniendo un recubrimiento completo de cinco capas.

---

<sup>115</sup> González, E. y Martínez, A. (1997). Tratado del dorado, plateado y su policromía. Ed. Universidad Politécnica de Valencia 1997 (p.114) “El insecto (Laccifer Laca y Coccus Laca) absorbe la savia después de la fecundación transformándose en su organismo en una secreción resinosa que exuda, presentándose en forma de resina pardusca que envuelve el animal y huevos y recubre la superficie de las ramas con costra verrugosa. Las ramas recubiertas de esta costra se encuentran en el comercio con el nombre de laca en rama y laca en cilindros. Podemos decir que es una resina animal, pero recolectada en las ramas de un vegetal”

La papilla viene aplicada sobre los soportes mediante pincel.

Una vez aplicado el recubrimiento de la cascarilla cerámica en crudo se comprobó:

- Adherencia de la papilla sobre el soporte, si la papilla se adhería o era repelida parcialmente o sufría una repulsión general.
- Recubrimiento, si la papilla recubría uniformemente el soporte, parcialmente, o no lo recubría.
- Desmoldeado antes de la cocción, una vez conformada la cascarilla cerámica, en sus cinco capas, sobre el soporte, éstos pueden ser desmoldeados o separados manualmente sin cocer. Durante este procedimiento se valoró si la cascarilla cerámica desmoldeaba correctamente, deficientemente o si se rompía por completo.
- Calidad del registro, si la cascarilla cerámica en crudo se separaba del soporte, se comprobó si había pérdida de registro, si la capa de contacto de la cascarilla cerámica permanecía adherida sobre el soporte, buen registro, pérdida parcial del registro o registro deficiente.

Una vez conformada la cascarilla cerámica sobre el soporte, y en el caso de que no se diese la separación de estos, se procedió a una cocción a 750°C, y tras la cocción se comprobó:

- Si con la cocción, la cascarilla cerámica permanecía intacta o se rompía al dilatar el soporte.
- Desmoldeado tras la cocción, durante este procedimiento se valoró si la cascarilla cerámica desmoldeaba correctamente, deficientemente, o si se rompía por completo.
- Calidad del registro, si había pérdida de textura o de registro en la superficie de contacto de la cascarilla cerámica con el soporte, buen registro, pérdida parcial del registro o registro deficiente

### II.1.1.1. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA PAPILLA SOBRE LOS MATERIALES SIN TENSOACTIVO

#### II.1.1.1.1. APLICACIÓN DE LA PAPILLA SOBRE SOPORTE DE CERA SIN TENSOACTIVO

En el caso de la cera, se verificó que una papilla densa (35/65%), recubría sin problemas la superficie sin tensoactivo. Con una papilla 40/60%, había un recubrimiento deficiente por repulsión, aunque una parte se recubría (Fig. III.1.).



Figura III.1. Efecto repelente de la cera sobre la papilla con composición 40/60%.

La papilla más fluida, con más proporción de sílice coloidal, 45/55%, era repelida por la superficie, provocando un recubrimiento muy deficiente del soporte (tabla III.1.).

La cascarilla cerámica una vez conformada sobre la cera no se separaba del soporte con facilidad, se necesitaba una presión tal, que la cascarilla cerámica, todavía cruda, se podía romper.

En cuanto se realizó la cocción, la cera se fundió librando la cascarilla cerámica.

Material soporte	Cera		
Tensoactivo	Sin tensoactivo		
Papilla empleada	35/65%	40/60%	45/55%
Adherencia de la papilla sobre el soporte	Se adhiere	Repulsión parcial	Repulsión general
Recubrimiento	Rec. Uniforme	Rec. Parcial	No recubre
Desmoldeado antes de la cocción	Desmold. Deficiente	Desmold. Deficiente	Desmold. Deficiente
Calidad del registro antes de la cocción		Perdida parcial	Perdida parcial
Alteraciones con la cocción	Permanece intacta	Permanece intacta	Permanece intacta
Desmoldeado tras la cocción	Sin problemas	Sin problemas	Sin problemas
Calidad del registro después la cocción	Bueno	Bueno	Bueno

Tabla III.1. Valoración del resultado con soporte de cera.

#### II.1.1.1.2. APLICACIÓN DE LA PAPILLA SOBRE SOPORTE DE PLÁSTICO SIN TENSOACTIVO

En el caso del plástico, se verificó que una papilla densa (35/65%), se adhería sin problemas sobre la superficie sin tensoactivo.

Sin embargo, una papilla más fluida, con más proporción de sílice coloidal 45/55%, era repelida por la superficie, provocando un recubrimiento muy deficiente del soporte. Con la papilla 40/60% había un recubrimiento intermedio (Fig. III.2.).

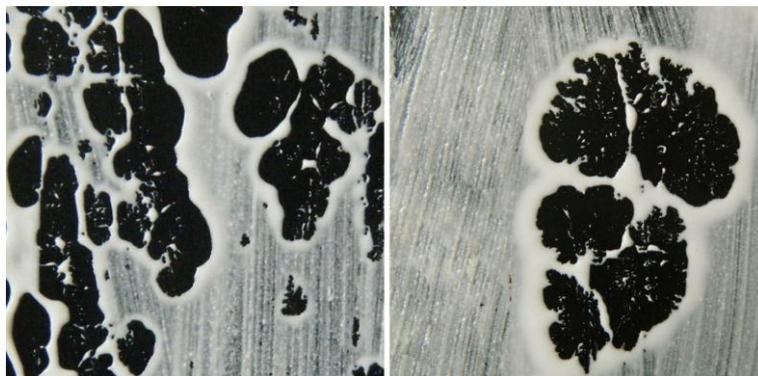


Figura III.2. Efecto repelente del plástico sobre la papilla con composición 45/55% y 40/60%.

En el plástico, tras el secado, la papilla se separaba de éste, facilitando el desmoldeado ya antes de la cocción (Fig. III.3.), (tabla III.2).



Figura III.3. Separación de la cascarilla cerámica desde el plástico.

Tras la cocción, el plástico se fundió y se quemó sin afectar la cascarilla cerámica.

Material soporte	Plástico		
Tensoactivo	Sin tensoactivo		
Papilla empleada	35/65%	40/60%	45/55%
Adherencia de la papilla sobre el soporte	Se adhiere	Repelida	Repelida
Recubrimiento	Rec. uniforme	Rec. Parcial	No recubre
Desmoldeado antes de la cocción	Correcto	Correcto	Correcto
Calidad del registro antes de cocción	Bueno	Bueno	Bueno
Alteraciones con la cocción		Permanece intacta	Permanece intacta
Desmoldeado tras la cocción	Correcto	Correcto	Correcto
Calidad del registro después la cocción	Bueno	Bueno	Bueno

Tabla III.2. Valoración del resultado con soporte de plástico.

### II.1.1.1.3. APLICACIÓN DE LA PAPILLA SOBRE SOPORTE DE PLANCHA DE HIERRO SIN TENSOACTIVO

En el caso del hierro, las tres composiciones de papilla se adhirieron a ésta sin dificultad. Tras el secado, la papilla quedó adherida y no se pudo desmoldear en ningún caso con cada una de las composiciones experimentadas (Fig. III.4.). Durante la cocción se separó la cascarilla cerámica de la plaqueta de hierro (tabla III.3.).

Material soporte	Plaqueta de hierro		
Tensoactivo	Sin tensoactivo		
Papilla empleada	35/65%	40/60%	45/55%
Adherencia de la papilla sobre el soporte	Se adhiere	Se adhiere	Se adhiere
Recubrimiento	Rec. Uniforme	Rec. Uniforme	Si Rec. Uniforme
Desmoldeado antes de cocción	Permanece adherido	Permanece adherido	Permanece adherido
Alteraciones con la cocción	Permanece intacta	Permanece intacta	Permanece intacta
Desmoldeado tras la cocción	Correcto	Correcto	Correcto
Calidad del registro después la cocción	Mala	Mala	Mala

Tabla III.3. Valoración del resultado con soporte de hierro.

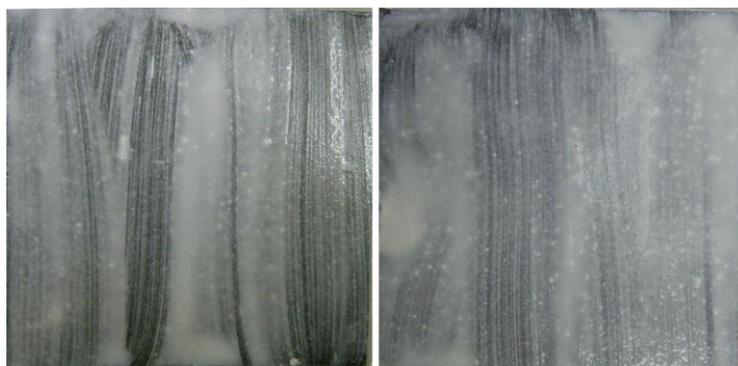


Figura III.4. Aplicación de la papilla (45/55% y 40/60%) sobre plancha de hierro.

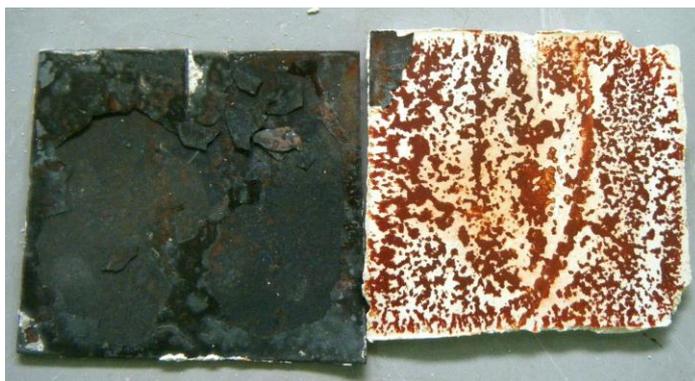


Figura III.5. Cascarilla cerámica oxidada por el hierro.

Se observó (tabla III.4.), después de la cocción, que la superficie de la cascarilla cerámica estaba impregnada de óxido de hierro originado por la plancha (Fig. III.5.). Este óxido penetró ligeramente y formó una capa fina y sólida adherida a la cascarilla cerámica. La calidad de registro de la cascarilla cerámica quedó afectada ligeramente por este recubrimiento de óxido.

A continuación, como consecuencia de estos resultados se procedió a realizar una experiencia extraordinaria con el empleo de plancha de acero inoxidable, para comprobar si se obtenía un resultado con mejor calidad de registro en la cascarilla cerámica.

<b>Material soporte</b>	<b>Acero inoxidable</b>
<b>Desmoldeante</b>	Sin desmoldeante
<b>Papilla empleada</b>	35/65%
<b>Adherencia de la papilla sobre el soporte</b>	Se adhiere
<b>Recubrimiento</b>	Rec. Uniforme
<b>Desmolda antes de cocción</b>	Permanece adherido
<b>Alteraciones con la cocción</b>	Permanece intacta
<b>Desmolda tras la cocción</b>	Correcto
<b>Calidad del registro después la cocción</b>	Bueno
<b>Apta</b>	Sí

Tabla III.4. Tabla de resultados, recubrimiento sin desmoldeante sobre soporte de acero inoxidable.



Figura III.6. Cascarilla cerámica con acero inoxidable.

Al emplear acero inoxidable (en la Fig.III.6. se observa la cascarilla cerámica sobre el soporte de acero inoxidable), tras la cocción, este tipo de acero no oxidó la superficie de la cascarilla cerámica y no afectó la calidad de registro.

El hierro afectó a la coloración y ligeramente a la calidad de registro de la cascarilla cerámica, con resultados útiles en los casos de tratamiento superficial. El acero inoxidable, tras la cocción, no afectó a la calidad de registro ni a la coloración de la cascarilla cerámica; por esta razón en los ensayos siguientes de este capítulo y en algunos de los siguientes se empleó acero inoxidable.

### III.1.1.2. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE GOMA LACA COMO TENSOACTIVO

#### III.1.1.2.1. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA PAPILLA SOBRE SOPORTE DE CERA CON GOMA LACA

Usando como tensoactivo la goma laca, en el caso de la cera, se verificó que las tres composiciones distintas de papilla eran estables y se adherían sobre el soporte.

Estas papillas recubrían el soporte, y dependiendo de la densidad de ésta se obtuvieron distintos recubrimientos (Cap. II, ap. II.4, p. 87).

La cascarilla cerámica, una vez conformada sobre la cera, no se separaba fácilmente desde el soporte, se necesitó una presión tal, que la cascarilla cerámica todavía cruda se podía romper con pérdida de textura. En el caso de cocción, la cera se deshizo librando la cascarilla cerámica y no hubo pérdida de textura (tabla III.5.).

Material soporte	Cera		
	Goma laca		
Tensoactivo	Goma laca		
Papilla empleada	35/65%	40/60%	45/55%
Adherencia de la papilla sobre el soporte	Se adhiere	Se adhiere	Se adhiere
Recubrimiento	Rec. Uniforme	Rec. Uniforme	Rec. Uniforme
Desmoldeado antes de cocción	Deficiente	Deficiente	Deficiente
Calidad del registro antes de la cocción	Pérdida parcial	Pérdida parcial	Pérdida parcial
Alteraciones con la cocción	Permanece intacta	Permanece intacta	Permanece intacta
Desmoldeado tras la cocción	Correcto	Correcto	Correcto
Calidad del registro después la cocción	Bueno	Bueno	Bueno

Tabla III.5. Valoración del resultado con soporte de cera.

#### III.1.1.2.2. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA PAPILLA SOBRE SOPORTE DE PLÁSTICO CON GOMA LACA

En el caso del plástico, se verificó que las tres composiciones distintas de papilla se adherían sobre el plástico usando como tensoactivo la goma laca.

En el plástico, la goma laca no mermó la facilidad de desmoldear una vez seca la papilla.

La goma laca permitió la estabilidad de la papilla sobre la superficie del plástico durante todo el proceso de formación de la cascarilla cerámica, hasta su secado.

La papilla, una vez que había perdido toda la humedad que contenía, se separó del plástico, facilitando el desmoldeado ya antes de la cocción. En caso de cocción, el plástico se fundió sin afectar la cascarilla cerámica.

No hubo pérdida de registro de la textura desmoldando sin cocer o quemando el plástico (tabla III.6.).

Material soporte	Plástico		
Tensoactivo	Goma laca		
Papilla empleada	35/65%	40/60%	45/55%
Adherencia de la papilla sobre el soporte	Se adhiere	Repelida	Repelida
Recubrimiento	Rec. Uniforme	Rec. Uniforme	Rec. Uniforme
Desmoldeado antes de cocción	Correcto	Correcto	Correcto
Calidad del registro antes de la cocción	Bueno	Bueno	Bueno
Alteraciones con la cocción	Permanece intacta	Permanece intacta	Permanece intacta
Desmoldeado tras la cocción	Correcto	Correcto	Correcto
Calidad del registro después la cocción	Bueno	Bueno	Bueno

Tabla III.6. Valoración del resultado con soporte de plástico.

### III.1.1.2.3. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA PAPILLA SOBRE SOPORTE DE ACERO INOXIDABLE CON GOMA LACA

En el caso de la plancha de acero inoxidable, las tres composiciones de papilla se adhirieron a ésta sin dificultad alguna. Tras el secado, aplicando goma laca la papilla quedó adherida y no se pudo desmoldear en ningún caso con cada una de las composiciones experimentadas. Con la cocción se desprendió la cascarilla cerámica de la plaqueta de acero inoxidable (tabla III.7.).

Material soporte	Plaqueta de acero inoxidable		
Tensoactivo	Goma laca		
Papilla empleada	35/65%	40/60%	45/65%
Adherencia de la papilla sobre el soporte	Se adhiere	Se adhiere	Se adhiere
recubrimiento	Rec. Uniforme	Rec. Uniforme	Rec. Uniforme
Desmolda antes de la cocción	Permanece adherido	Permanece adherido	Permanece adherido
Alteraciones con la cocción	Permanece intacta	Permanece intacta	Permanece intacta
Desmoldeado tras la cocción	Correcto	Correcto	Correcto
Calidad del registro después la cocción	Bueno	Bueno	Bueno

Tabla III.7. Valoración del resultado con soporte de acero inoxidable.

### III.1.1.3. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN CON JABÓN COMO TENSOACTIVO

#### III.1.1.3.1. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA PAPILLA SOBRE SOPORTE DE CERA CON JABÓN

En el caso de la cera, el jabón permitió la adherencia y estabilidad de los tres tipos de papilla empleados.

La cascarilla cerámica una vez conformada sobre la cera no se separó fácilmente desde el soporte, se necesitó una presión tal, que la cascarilla cerámica todavía cruda se podía romper. En el caso de cocción la cera se deshizo librando la cascarilla cerámica (tabla III.8.).

Material soporte	Cera		
Tensoactivo	Goma laca		
Papilla empleada	35/65%	40/60%	45/55%
Adherencia de la papilla sobre el soporte	Se adhiere	Se adhiere	Se adhiere
Recubrimiento	Rec. Uniforme	Rec. Uniforme	Rec. Uniforme
Desmolda antes de la cocción	Desmold. Deficiente	Desmold. Deficiente	Desmold. Deficiente
Calidad del registro antes de la cocción	Pérdida parcial	Pérdida parcial	Pérdida parcial
Alteraciones con la cocción	Permanece intacta	Permanece intacta	Permanece intacta
Desmoldeado tras la cocción	Desmold correcto	Desmold correcto	Desmold correcto
Calidad del registro después la cocción	Bueno	Bueno	Bueno

Tabla III.8. Valoración del resultado con soporte de cera.

### III.1.1.3.2. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA PAPILLA SOBRE SOPORTE DE PLÁSTICO CON JABÓN

En el caso del plástico, el jabón permitió la adherencia de la papilla. En el plástico, sin embargo, se aceleró el desmoldeado antes que la cascarilla cerámica estuviera suficientemente seca, causando rotura.

Pero si se conseguía conformar la cascarilla cerámica sobre el plástico tras el secado, la papilla se separaba de éste.

No hubo pérdida de registro de la textura desmoldando sin cocer o quemando el plástico (tabla. III.9.).

Material soporte	Plástico		
Tensoactivo	Jabón		
Papilla empleada	35/65%	40/60%	45/55%
Adherencia de la papilla sobre el soporte	Se adhiere	Repelida	Repelida
Recubrimiento	Rec. Uniforme	Rec. Uniforme	Rec. Uniforme
Desmoldea antes de la cocción	Se desprende	Se desprende	Se desprende
Calidad del registro antes de la cocción	Bueno	Bueno	Bueno
Alteraciones con la cocción	Permanece intacta	Permanece intacta	Permanece intacta
Desmoldea tras la cocción	Correcto	Correcto	Correcto
Calidad del registro después la cocción	Bueno	Bueno	Bueno

Tabla III.9. Valoración del resultado con soporte de plástico.

### III.1.1.3.3. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA PAPILLA SOBRE SOPORTE DE ACERO INOXIDABLE CON JABÓN

En el caso del acero inoxidable, las tres composiciones de papilla se adherieron a ésta sin ninguna dificultad. Con el jabón como desmoldeante, se aceleró el desmoldeado, antes de que

la cascarilla cerámica estuviera seca, se separó la cascarilla cerámica de la plaqueta. No hubo pérdida de registro (Fig. III.7.).

Material soporte	Plaqueta de acero inoxidable		
Tensoactivo	Jabón		
Papilla empleada	35/65%	40/60%	45/65%
Adherencia de la papilla sobre el soporte	Se adhiere	Se adhiere	Se adhiere
Recubrimiento	Rec. Uniforme	Rec. Uniforme	Rec. Uniforme
Desmolda antes de la cocción	Se desprende	Se desprende	Se desprende
Alteraciones con la cocción	Permanece intacta	Permanece intacta	Permanece intacta
Desmoldeado tras la cocción	Correcto	Correcto	Correcto
Calidad del registro después la cocción	Bueno	Bueno	Bueno

Tabla III.10. Valoración del resultado con soporte de acero inoxidable.



Figura III.7. Separación de la cascarilla cerámica con acero inoxidable ante de la cocción debido al jabón.

### Valoraciones y conclusiones de los tensoactivos ensayados

Sobre soporte de cera es necesario utilizar tensoactivos con las papillas más fluidas. Los tensoactivos (goma laca y jabón) al aplicarlos sobre la cera no alteran y afectan el proceso de conformación de la cascarilla cerámica.

Sobre soporte de plástico es necesario utilizar tensoactivos con las papillas más fluidas. Una vez que los diferentes tipos de cascarilla cerámica están secos, se separan del soporte sin ninguna complicación, sin y con tensoactivos.

Sobre soporte de acero inoxidable, las tres composiciones de papilla lo recubren correctamente, con o sin tensoactivo. Aplicando jabón, se acelera el desmoldeado antes que la cascarilla cerámica esté suficientemente seca.

Se observa que el recubrimiento con goma laca actúa en todas las circunstancias y se aplicará con mayor profusión en adelante.

La composición 35/65% puede ser aplicada sobre los soportes sin tensoactivos, ya que esta papilla recubre uniformemente el soporte.

## III.1.2. MODALIDADES DE RECUBRIMIENTO

Se pueden aplicar los recubrimientos con procedimientos distintos, en fundición, los métodos más utilizados para aplicar la papilla sobre el modelo son la inmersión, el vertido o la aplicación con pincel.

### Objetivo

Experimentar los procedimientos de aplicación de la papilla y establecer qué tipo de procedimiento de aplicación permite obtener un recubrimiento uniforme de papilla sobre el soporte.

Aunque se tienen resultados del capítulo II, se procede a estudiar detalladamente estas modalidades de aplicación de la papilla y otras complementarias que han sido llevadas a la práctica como: vertido, moldeo, pulverizado y apretón, con el fin de poder comparar sus resultados.

El resultado de este ensayo se ha valorado, en cada procedimiento de aplicación, en función de la capacidad de:

- Regular la fluidez de papilla sobre la superficie.
- Controlar el espesor que se produce sobre el soporte.
- Utilizar soportes de morfología compleja sin dificultad.
- Versatilidad para realizar recubrimientos en zonas de especial interés del soporte.
- Minimizar el consumo de material.

### III.1.2.1. APLICACIÓN CON PINCEL Y BROCHA

#### Antecedentes

En todos los ensayos que se han realizado en el capítulo II y en el apartado anterior de este capítulo, se ha aplicado la papilla sobre los distintos soportes mediante pincel, recogiendo sus resultados exponemos las siguientes observaciones.

Como resultado de las experiencias previas de fundición y de los ensayos hechos anteriormente se sabe que la aplicación de la papilla con pincel:

- Permite controlar la aplicación y recubrir sólo zonas seleccionadas o específicas de la superficie.
- Se obtiene una distribución relativamente uniforme sobre el soporte.
- Como consecuencia el secado es uniforme en toda superficie.
- Llega a revestir patrones complejos, ya que permite aplicar la papilla en los rincones, aunque no en todas las cavidades.
- No requiere la preparación de una gran cantidad de papilla, economizando el material, lo cual no es posible con otras aplicaciones.
- Al pincelar la papilla sobre el soporte se produce menor cantidad de burbujas de aire, siendo ésta una clara ventaja de este procedimiento de aplicación de papilla.
- La uniformidad de la distribución de papilla sobre la superficie reduce el tiempo requerido de secado.
- Al revestir un patrón de gran tamaño se ha comprobado que es preferible realizarlo por partes, pues si se extiende una capa entera de papilla, cuando se aplica el rebozado, parte de ella ya está seca y el grano no se adhiere. Por ello se procede a aplicar la papilla en una zona y luego el rebozado, y así sucesivamente hasta completar la capa.
- Se consigue un mayor control (recubrir sólo zonas seleccionadas o específicas de la superficie) de la papilla sobre soportes complejos (Fig. III.8.), que utilizando otros métodos (inmersión, vertido o apretón).

- Es posible usar diferentes consistencias de mezcla cerámica: densa, menos densa y líquida (determinadas por la complejidad del patrón). Este procedimiento permite emplear papillas con porcentajes de 35/65%, 40/60% y 45-55%, principalmente, con lo que, de esta manera, se consigue un espesor idóneo y uniforme en cada aplicación.



Figura III.8. Aplicación con pincel.

A partir de la experiencia previa, obtenida durante el estudio desarrollado en el capítulo II, se considera que el sistema de aplicación más idóneo para obtener un recubrimiento de grosor uniforme es mediante pincel. Se ha comprobado que el pincel, aunque en principio es un procedimiento lento, ofrece suficientes ventajas como para priorizar su uso.

Por el contrario, en el capítulo anterior también se ha observado que con la aplicación manual por inmersión, mediante la cual el soporte se sumerge dentro de un cubo lleno de papilla cerámica, queda, en la mayoría de casos, demasiada cantidad de ésta sobre el soporte, fluyendo hasta su base y creando diferentes espesores de la cascarilla cerámica. Dado que los antecedentes de fundición y los conocimientos del capítulo II ya resultan determinantes para el presente trabajo, no se han realizado nuevas pruebas específicas en este apartado.

### III.1.2.2. APLICACIÓN AEROGRÁFICA CON PISTOLA

#### Objetivo

Experimentar si la pistola aerográfica permite aplicar la papilla sobre un soporte cualquiera.

#### Procedimiento

El procedimiento experimental consistió en introducir, en la pistola aerográfica, las dos composiciones de papilla establecidas a continuación:

PW 50 : 50/50 % y 55/45 %.

Se trataba de verificar si la pistola permitía realizar un recubrimiento.

#### Resultados

En las pruebas realizadas se comprobó que era viable la realización de capa de papilla mediante aerógrafo (Fig. III.9.).



Figura III.9. Aplicación con pistola aerógrafo.

### **Valoraciones y conclusiones**

Se establece que con el empleo de la pistola para aerógrafo se puede llegar a conseguir rápidamente una superficie uniforme sobre los materiales empleados como soporte. Se utiliza una papilla cuya consistencia sea lo bastante líquida como para permitir el correcto funcionamiento de la pistola.

El espesor de la capa de papilla que se obtiene mediante este procedimiento es bastante fino. Al aplicar esta papilla como primera capa (capa de contacto) y rebozada con el grano resulta viable el recubrimiento.

### **III.1.2.3. APLICACIÓN AEROGRÁFICA CON PULVERIZADOR**

El pulverizador se usa habitualmente para humectar superficies, manteniendo así el grado de humedad necesario. El pulverizador, a diferencia de la pistola aerográfica, no utiliza un compresor auxiliar eléctrico. Se utiliza la presión ejercida por un émbolo, capaz de incrementar la presión en el interior del recipiente que contiene el producto.

#### **Objetivo**

Comprobar si el pulverizador es adecuado para aplicar la papilla. Se pretende comprobar mediante ensayo si este accesorio permite expulsar la papilla y recubrir un soporte.

#### **Procedimiento**

El procedimiento experimental consistió en introducir, en el depósito del pulverizador, las distintas composiciones de papilla establecidas a continuación:

PW 50: 50/50 % y 55/45 %.

Se trataba de verificar si el pulverizador permitía realizar un recubrimiento.

#### **Resultados**

En las pruebas realizadas se comprobó que no presentaba un funcionamiento correcto debido a que la boquilla tenía una salida muy pequeña y la Moloquita -200 utilizada en la papilla obstruía la salida.

#### **Valoración y conclusión**

No es un procedimiento adecuado.

### **III.1.2.4. APLICACIÓN POR RECUBRIMIENTO: APRETÓN**

#### **Objetivo**

Experimentar la aplicación de un empaste espeso, cuyos componentes son los mismos que los de las papillas, mediante el procedimiento de apretón.

#### **Materiales utilizados**

Este ensayo se realizó con empastes hechos con PW 50, Hispasil 1731 y Carsil 9 mezclados con Moloquita -200 y con Moloquita 50/80.

Los empastes ensayados con estos materiales:

- Primer empaste: 30% de sílice coloidal y 70% de Moloquita -200 (en peso) hecha con PW 50 y Hispasil 1731.(Experimentada en el Cap. II)
- Segundo empaste: 30% de sílice coloidal, 55% de Moloquita -200 y 15% de Moloquita 50-80dd. hecha con PW 50 y Hispasil 1731. (30/55/15%).
- Tercer empaste con Carsil 9 con composición 40/60% (Experimentada en el Cap. II)

#### **Procedimiento**

Se escogieron estas proporciones en base a los estudios realizados en el capítulo II.

En primer lugar, era necesario elaborar una papilla muy espesa, tipo masilla o empaste, introduciendo una mayor proporción de harina de Moloquita -200.

Se experimentó la capacidad de elaborar empastes, amasándolos manualmente. El procedimiento de elaboración del empaste fue manual, primero se realizó una papilla fluida, a continuación se continuó añadiendo y amasando de forma manual la harina de Moloquita -200 hasta conseguir una pasta densa capaz de soportar la forma de una presión manual.

En segundo lugar, el procedimiento de experimentación consistió en obtener el registro de soporte mediante el procedimiento del apretón comprobando si el procedimiento era viable.

Los criterios de valoración fueron: que se pudiera amasar manualmente, que recubriese correctamente el soporte (considerando su plasticidad), fragmentación del recubrimiento durante el secado, la capacidad de obtener un buen registro, comportamiento durante la cocción y desmoldeado.

### Resultados

Es importante remarcar la dificultad en la obtención de una pasta que fuera muy espesa y mantuviera una buena plasticidad.

El empaste, durante su amasado, era pegajoso y quedaba adherido sobre las manos debido a la sílice coloidal (Fig. III.10. nº 2).

Estos empastes, dada su densidad, se han aplicado exclusivamente con la mano (Fig. III.11. nº 1)

El aspecto del empaste era similar al de una pasta de estuco o masilla.

Una vez aplicado el empaste, se observó una leve separación de la Moloquita -200 con la sílice, con una consistencia pegajosa en la superficie, decantación de los componentes del empaste (Fig. III.11. nº 2)

El secado fue lento dado que el recubrimiento era grueso. Se produjo un secado superficial mientras que en el interior de la masa no estaba seco (tabla III.11.).

Durante el secado se produjeron en ocasiones algunas grietas en el recubrimiento.

Aglutinante	PW 50		Hispsil 1731		Carsil 9
	30/70%	30/55/15%	30/70%	30/55/15%	
Porcentaje en peso %	30/70%	30/55/15%	30/70%	30/55/15%	40/60%
Amasado manual	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Capacidad de recubrimiento	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Calidad del registro	Defectuosa	Defectuosa	Defectuosa	Defectuosa	Defectuosa
Resquebrajado	Sí	No	Sí	No	No
Secado	Depende del grosor Secado prolongado	Depende del grosor Secado prolongado	Depende del grosor Secado prolongado	Depende del grosor Secado prolongado	No seca bien
Comportamiento durante la cocción	Se rompe y se desprende sólo en la superficie quebrada debido al secado	Estable	Se rompe y se desprende sólo en la superficie quebrada debido al secado	Estable	Se deforma

Tabla III.11. Resultado de la primera papilla 30/70%, resultado de la segunda papilla 30/55/15% y resultado de la tercera papilla 40/60%.

El empaste hecho con Carsil 9 al secarse no se agrietó, pero al cocerse se deformó aunque el resultado fue de una dureza extraordinaria (Fig. III.12.).



Figura III.10. Resultados de proceso de amasado de los tres tipos de empaste: PW 50 30/70% (izquierda), Hispasil 1731 30/70% (centro), Carsil 9 40/60% (derecha).



Figura. III.11. Preparación manual del empaste de papilla y aplicada sobre un soporte (izquierda y centro) Craquelado de la masa de papilla 30/70% PW 50 (derecha).



Figura. III.12. Deformación tras la cocción de la plancha de cascarilla cerámica hecha con Carsil 9.

### Conclusiones

Todas las mezclas experimentadas permiten obtener empastes plásticos y permiten realizar recubrimientos. La calidad del registro varía en función del empaste utilizado y del tipo de soporte, incluyendo su forma; de todas formas los resultados se consideran con una calidad de registro baja.

Con el empaste no se consigue un espesor uniforme.

### III.1.2.5. APLICACIÓN POR RECUBRIMIENTO: INMERSIÓN

En los procesos industriales de fundición, la inmersión implica introducir el patrón, preferiblemente en su totalidad, dentro de un recipiente lleno de papilla, obteniendo un

recubrimiento integral sobre toda la superficie. Este sistema requiere tener a disposición un recipiente suficientemente amplio que permita introducir el patrón o distintos patrones a la vez y por supuesto una gran cantidad de papilla.

Hay que tener en cuenta que es necesario mantener la papilla en constante movimiento dentro del recipiente, para garantizar así la homogeneidad de la mezcla. Si se deja en reposo, la Moloquita-200 precipita, es decir, se disgrega de la sílice depositándose en la base del recipiente, con la consiguiente pérdida de densidad y consistencia inicial de la papilla.

Este proceso requiere la utilización de una máquina mezcladora del tipo hélice para tener constantemente la papilla en movimiento. Los distintos tipos de máquinas mezcladoras, molinos de choque, mezcladores por dispersión de alta velocidad y mezcladores de cuchilla de tornamesa fija, son sistemas habitualmente utilizados en las industrias de fundición, como en la industria Alfa Arte<sup>116</sup>.

El brazo de inmersión donde se sujetan los modelos mantiene en rotación permanente las piezas de cera sumergidas, consiguiendo de esta manera recubrimientos homogéneos.

Este sistema de recubrimiento consta de distintas etapas, según el procedimiento descrito en el libro de D. Young, R. y A. Fennell, R<sup>117</sup> quienes explican que<sup>118</sup>.

- 1) Se sumerge el patrón a recubrir en la papilla. Se deja la pieza en reposo en el interior de la papilla durante 10-25 segundos, tiempo suficiente para que el material se recubra, impregne o absorba las partículas en suspensión.
- 2) Se retira el patrón a una velocidad suficientemente controlada para que quede impregnado en su superficie. Se deja gotear el residuo de papilla por otros 10-20 segundos, moviéndolo ligeramente para facilitar el goteo. Es aconsejable liberar las burbujas de aire visible, superficiales, que se han producido durante la aplicación de la papilla; para ello se puede emplear un chorro de aire.
- 3) Se recubre con estuco o grano refractario, que se espolvorea encima de la papilla todavía húmeda.
- 4) Si el modelo es complejo se deja secar con ventilación mecánica (durante aproximadamente 30 minutos) o al aire libre unos 45-50 minutos.
- 5) A continuación, el patrón se sumerge nuevamente en la papilla repitiendo el procedimiento descrito anteriormente. El proceso se repite varias veces hasta conseguir el espesor deseado.

Este sistema se utiliza sobre todo en las industrias con procedimientos mecánicos<sup>119</sup> y también en los casos en los que hay que recubrir una gran cantidad de piezas.

#### **Objetivo**

Experimentar el recubrimiento por inmersión manual (sin empleo de maquinaria) con el fin de comprobar las papillas viables.

#### **Materiales utilizados**

Para este ensayo se emplearon papillas hechas con PW 50 con porcentajes de 35/65%, 40/60% y 45/55%.

Como soporte se utilizaron esferas de cera de 10cm de diámetro.

---

<sup>116</sup> ALFA Arte. Industria de producción artística <http://www.alfaarte.com/>

<sup>117</sup> D. Young, R. y, A. Fennell, R. (2000) Method for Modern Sculptors. Ed. Twentieth printing, January. (pp.65-77)

<sup>118</sup> Traducción del texto original en inglés.

<sup>119</sup> Fabrica INVESTACAST procedimiento con sistema robótico para la realización de la cascarilla cerámica con el método de inmersión [http://www.investacast.com/ceramic\\_shell\\_making.aspx](http://www.investacast.com/ceramic_shell_making.aspx)

### Procedimiento

El procedimiento consistió en rellenar un recipiente con papilla para a continuación sumergir en el interior de este recipiente con papilla el soporte esférico de cera.

Al extraer la esfera recubierta se observó el comportamiento de cada tipo de papilla sobre una superficie esférica.

La densidad de la papilla también fue un factor a tener en cuenta a la hora de sumergir el patrón.

Criterios de validación de resultados: Para considerar los resultados como válidos se tuvo en consideración la aptitud para el recubrimiento, considerando: la adherencia de la papilla, el grosor del recubrimiento, su uniformidad, el deslizamiento de la papilla, la densidad y la calidad del registro

### Resultados

	Aplicación de papilla por inmersión		
<b>Porcentajes PW 50 / Moloquita -200</b>	35/65%	40/60%	45/55%
<b>Adherencia de la papilla</b>	Sí	Sí	Sí
<b>Recubrimiento</b>	Capa gruesa	Capa fina	Capa fina
<b>La uniformidad de la papilla sobre todo el soporte</b>	No uniforme	Semi Uniforme	Uniforme
<b>Deslizamiento</b>	Lento	Medio	Rápido
<b>Densidad</b>	Densa	Media	Fluida
<b>Apta para el recubrimiento por inmersión manual</b>	Sí	Sí	No

Tabla III.12. Resultado de la papilla aplicación por inmersión.

Se observó que en las aplicaciones con las papillas 35/65% y 40/60% se producía un deslizamiento de la papilla sobre la superficie, dando lugar a zonas con recubrimiento más fino y otras que presentaban una mayor acumulación de papilla. El resultado fue un espesor no uniforme de la cascarilla cerámica.

Por otro lado, no todas las composiciones de papilla ensayadas resultaron adecuadas, pues las papillas más densas 35/65% eran menos fluidas; se adherían al soporte formando una capa gruesa pero al esperar que la papilla acabase de fluir sobre la superficie, ésta secaba rápidamente (dependiendo de la humedad ambiental) y no permitía la adherencia al rebozado, aunque era una papilla apta para el recubrimiento (tabla III.12.).

La papilla 40/60% más líquida recubría el soporte, formando una capa muy transparente que permitía ver el soporte; al aplicar el rebozado de grano éste podía afectar al registro. La papilla 45/55% era demasiado líquida y no formaba un espesor adecuado sobre el soporte (Fig. III.13.).

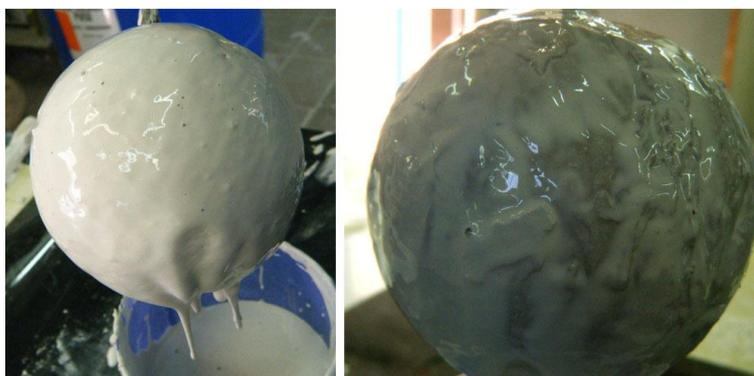


Figura. III.13. Papilla de composición 35/65% (izquierda), papilla de composición 40/60% (derecha).

Finalmente, se observó una presencia de burbujas en la superficie de algunos recubrimientos. Con el sistema de inmersión manual, la cantidad de burbujas era mayor que con el sistema de aplicación con pincel (Fig. III.14.).



Figura. III.14. Presencia de burbuja sobre la papilla.

### Conclusiones

Así, los porcentajes viables para esta aplicación son:

PW 50 + Moloquita -200: 35/65% o 40/60%

### III.1.2.6. APLICACIÓN POR RECUBRIMIENTO: VERTIDO

El procedimiento de vertido se utiliza con mucha frecuencia en la fundición dado que requiere una menor cantidad de preparado de papilla que el procedimiento de inmersión. El procedimiento consiste en verter la papilla sobre un objeto o material que se desee recubrir.

#### Objetivo

Experimentar el recubrimiento por vertido con el fin de comprobar las papillas viables.

#### Materiales utilizados

Para este ensayo se emplearon papillas hechas con PW 50 con porcentajes de 35/65%, 40/60% y 45/55%. Como soporte se utilizaron esferas de cera de 10cm de diámetro.

#### Procedimiento

El procedimiento consistió en preparar distintas composiciones de papilla y luego experimentar el vertido sobre todo el soporte esférico de cera. Con la esfera recubierta se observó el comportamiento de cada tipo de papilla sobre una superficie esférica. Criterios de validación de resultados: Para considerar los resultados como válidos se tuvo en consideración la aptitud para el recubrimiento, considerando: la adherencia de la papilla, el grosor del recubrimiento, su uniformidad, el deslizamiento de la papilla, la densidad y la calidad del registro (Fig. III.15. y III.16).

#### Resultados

Porcentaje de PW 50 / moloquita -200	Aplicación de papilla por vertido		
	35/65%	40/60%	45/55%
Adherencia	Si	Si	Si
Recubrimiento	Capa gruesa	Capa medio fina	Capa fina
La uniformidad de la papilla sobre todo el soporte.	Diferencias de grosor	Diferencias de grosor, aunque menores	Uniforme
Deslizamiento	Lento	Medio	Rápido
Densidad	Densa	Media	Fluida
Apta para el recubrimiento por vertido	Si	Si	No

Tabla III.13. Resultado de la aplicación de la papilla mediante vertido.

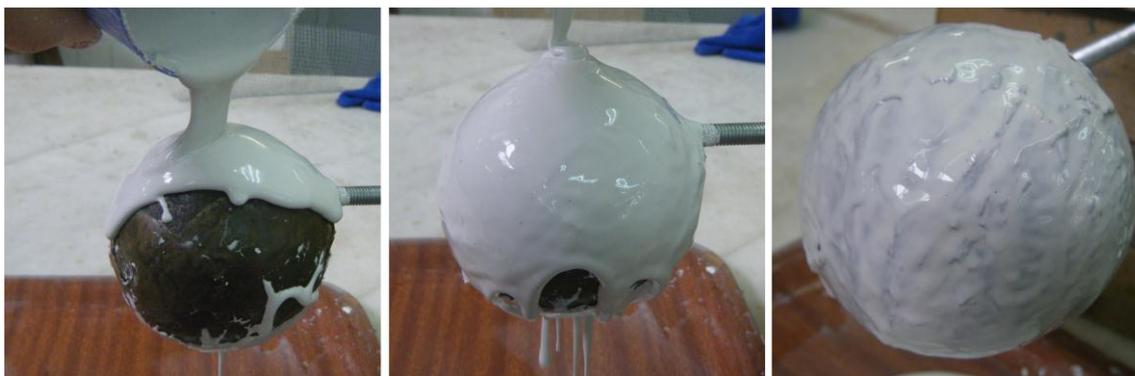


Figura. III.15. Papilla 35/65% vertida sobre el soporte esférico de cera.

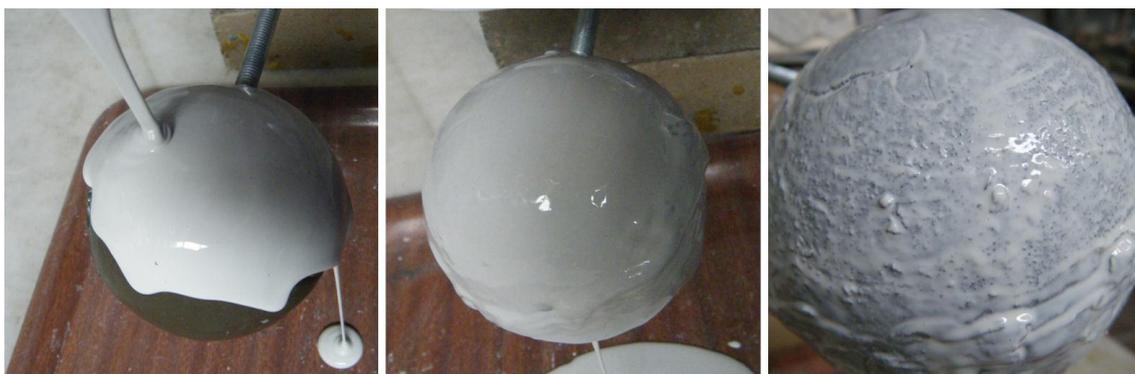


Figura. III.16. Papilla 40/60% vertida sobre el soporte esférico de cera.

En este tipo de procedimiento, el resultado fue parecido al procedimiento de inmersión.

Todas las composiciones de papilla ensayadas resultaron adecuadas.

La papilla 35/65% resultó la menos fluida de las tres, se adhirió al soporte formando una capa gruesa, pero al esperar que la papilla acabase de fluir sobre la superficie, ésta se secó rápidamente y no permitió la adherencia al rebozado en alguna de las partes. De todas formas resultó ser una papilla apta para el vertido.

La papilla 40/60% tenía una fluidez intermedia, formó una capa muy transparente que transparentaba el soporte. Al aplicar el rebozado de grano, éste penetró profundamente hasta llegar a tomar contacto con el soporte (tabla III.13.).

La papilla 45/55% resultó demasiado líquida y no formó un espesor adecuado sobre el soporte.

Se comprobó que al verter la papilla sobre la esfera se formaban burbujas, como con el sistema de inmersión, pero al mantener un vertido continuado, las burbujas se deslizaban y desaparecían.

#### Valoración y conclusión

Así, los porcentajes viables para esta aplicación son:

PW 50: 35/65% o 40/60%



## III.2. PROCEDIMIENTOS ADITIVOS. MOLDEADO CON CASCARILLA CERÁMICA

### III.2.1. PRODUCTOS AUXILIARES: DESMOLDEANTES

Los desmoldeantes sirven para evitar que los materiales utilizados para el moldeo, material del molde y material del vaciado, se adhieran entre ellos, al mismo tiempo que mantienen la calidad del registro, es decir, su aplicación superficial no interfiere prácticamente en la fidelidad del registro de la textura, y por supuesto de la forma. Los productos desmoldeantes que se emplean más habitualmente son: jabón, goma laca, vaselina (pasta o líquida) y cera líquida.

Para evitar la adherencia de los materiales utilizados para el moldeo, sobre todo con los materiales de naturaleza porosa, se puede utilizar también un producto tapaporos. En algún caso, los desmoldeantes actúan también como tapaporo.

Para evitar que los materiales de moldeo se adhieran entre ellos se pueden utilizar, también, los separadores, aunque estos sí desvirtúan la calidad del registro, o sea, evitan el contacto de un material con el otro con una película gruesa que resta fidelidad al registro.

#### Objetivo

En este apartado se pretende valorar la viabilidad de los desmoldeantes y de los separadores para la cascarilla cerámica en crudo, es decir, sin realizar cocción, pero también llegado el caso, realizando cocción.

#### Materiales utilizados

Los materiales de soporte que se emplearon para este ensayo fueron materiales absorbentes: madera, cartón, papel y escayola.

Los desmoldeantes que se emplearon fueron: jabón<sup>120</sup> y goma laca por un lado.

Los separadores que se emplearon fueron: películas de plástico, poliestireno, cinta de embalaje, film de plástico y lámina de acetato.

Para la papilla cerámica, se ha empleado PW 50 y Moloquita -200, en las tres composiciones (35/65%, 40/60% y 45-55%) que se establecieron en el capítulo segundo. Para el rebozado, grano de Moloquita 50-80dd.

La papilla fue aplicada sobre los soportes mediante pincel.

#### Procedimiento

Se prepararon los soportes de cada material:

- Primer grupo desmoldeantes : sobre cuatro de éstos no se aplicó desmoldeante.
- Segundo grupo desmoldeantes : sobre otros cuatro se aplicó jabón.
- Tercer grupo desmoldeantes : sobre otros cuatro goma laca.
- Separadores: sobre los restantes se aplicó una película de plástico, poliestireno, cinta de embalaje, film de plástico y lámina de acetato.

Para cada uno de estos grupos de soportes, se aplicó con pincel una composición distinta de papilla (35/65%, 40/60% y 45/55%).

Estas papillas se rebozaron con grano de Moloquita 50-80dd obteniendo un recubrimiento completo de cinco capas.

Para valorar si el desmoldeado era correcto, en crudo, se tuvo en cuenta:

---

<sup>120</sup> Se han utilizado diferentes tipos de jabón líquido de manos.

- La adherencia de la papilla sobre el soporte, si la papilla se adhería, era repelida parcialmente o sufría una repulsión general.
- El recubrimiento; si la papilla recubría uniformemente el soporte, parcialmente o no recubría.
- El desmoldeado antes de la cocción, una vez conformada la cascarilla cerámica, en sus cinco capas, sobre el soporte, ésta podía ser desmoldada o separada manualmente sin cocer. Durante este procedimiento se valoró si la cascarilla cerámica desmoldeaba correctamente, deficientemente o se rompía por completo.
- La calidad del registro; si la cascarilla cerámica en crudo se separaba del soporte, se comprobó si había pérdida de registro, si la capa de contacto de la cascarilla cerámica permanecía adherida sobre el soporte, buen registro, pérdida parcial del registro o registro deficiente.

En el caso de que no se desmoldase la cascarilla cerámica, en crudo, se procedió a su cocción a 750°C.

Para valorar si el desmoldeado era correcto, tras la cocción, se tuvo en cuenta:

- Que la cascarilla cerámica permaneciese entera tras la cocción.
- Si la cascarilla cerámica desmoldaba correctamente, deficientemente o se rompía por completo.
- Calidad del registro; si había pérdida de textura o de registro en la superficie de contacto de la cascarilla cerámica con el soporte, buen registro, pérdida parcial del registro o registro deficiente.

### III.2.1.1. APLICACIÓN DE LA PAPILLA SOBRE LOS MATERIALES SIN DESMOLDEANTES

#### III.2.1.1.1. RESULTADOS SOBRE SOPORTE DE MADERA SIN DESMOLDEANTE

En el caso de las maderas utilizadas (madera de pino y madera de roble) las tres composiciones de papilla las recubrían sin ninguna dificultad. La madera seca absorbía parte de la papilla. Tras el secado del recubrimiento, la papilla quedaba adherida y no se pudo desmoldear con ninguna de las composiciones experimentadas.

Para desmoldear la cascarilla cerámica adherida, se coció y quemó el material de soporte. Al quemar el material del soporte se rompió la cascarilla cerámica. Es de suponer que al quemar la madera, ésta contrae provocando tensiones en el material de la cascarilla cerámica enlazada con la madera.

Dependiendo del tipo de madera experimentada, más blanda o más dura, se observó un menor riesgo de rotura con la blanda. En el apartado siguiente “material combustible” se presentan más resultados sobre este tipo de experimentación.

La papilla más absorbida por la madera fue la de 45/55%. En este caso, con la cocción se verificó mayor ruptura con ambos tipos de madera (madera dura y blanda) que se extendía por toda la estructura.

En el caso de las papillas 35/65% y 40/60% con la cocción se verificó ruptura empleando madera dura, en cambio empleando madera blanda no se verificó rotura, pero hubo una pérdida del registro de la textura (tabla III.14.).

Material soporte	Madera		
	Sin desmoldeante		
<b>Papilla empleada</b>	35/65%	40/60%	45/55%
<b>Adherencia de la papilla sobre el soporte</b>	Se adhiere	Se adhiere	Se adhiere
<b>Recubrimiento</b>	Uniforme	Uniforme	Uniforme

Desmolda antes de la cocción	No	No	No
Desmolda tras la cocción	Se rompe con madera dura Desmolda correctamente con madera blanda	Se rompe con madera dura Desmolda correctamente con madera blanda	Se rompe con madera dura Se rompe con madera blanda
Calidad del registro después la cocción	Deficiente con madera dura Pérdida parcial con madera blanda	Deficiente con madera dura Pérdida parcial con madera blanda	Deficiente con madera dura Pérdida parcial con madera blanda

Tabla III.14. Tabla de resultados, recubrimiento sin desmoldeante sobre soporte de madera.

La madera sin desmoldeante, tras la cocción, reducía la calidad del registro, el resultado fue más deficiente con la dura que con la blanda.

### III.2.1.1.2. RESULTADOS SOBRE SOPORTE DE CARTÓN SIN DESMOLDEANTE

En el caso del cartón, las tres composiciones de papilla lo recubrieron sin ninguna dificultad, porque fueron absorbidas por el cartón.

El cartón, al absorber la papilla húmeda, modificó su volumen y se deformó. Al secarse, alteró su forma inicial afectando la estructura de la cascarilla cerámica provocando su ruptura. Cuanto menos densa era la papilla, mayor era la absorción de agua y más catastrófico el resultado (tabla III.15.).

Sin embargo una vez que la cascarilla cerámica estaba seca se pudo separar el cartón (dependiendo del grado de flexibilidad del mismo) desde la superficie de la cascarilla cerámica tanto en crudo como sometiéndolos a cocción. En ambos casos hubo rotura (Fig. III.17).

En el apartado siguiente de “material combustible” se presenta un estudio más detallado del cartón como material de soporte.



Figura. III.17. Separación de la cascarilla cerámica y el cartón sin utilizar desmoldeante.

Material soporte	Cartón		
Desmoldeante	Sin desmoldeante		
Papilla empleada	35/65%	40/60%	45/65%
Adherencia de la papilla sobre el soporte	Se adhiere	Se adhiere	Se adhiere
Recubrimiento	Rec. Uniforme	Rec. Uniforme	Rec. Uniforme
Desmolda antes de cocción	correcto	Correcto	Correcto
Calidad del registro antes de la	Bueno	Bueno	Bueno

<b>cocción</b>			
<b>Alteraciones con la cocción</b>	Se rompe al deformarse el soporte	Se rompe al deformarse el soporte	Se rompe al deformarse el soporte
<b>Desmolda tras la cocción</b>	Correcto	Correcto	Correcto
<b>Calidad del registro después la cocción</b>	Los fragmentos registran la textura correctamente	Los fragmentos registran la textura correctamente	Los fragmentos registran la textura correctamente
<b>Apta</b>	No	No	No

Tabla III.15. Tabla de resultados, recubrimiento sin desmoldeante sobre soporte de cartón.

El cartón sin desmoldeante se recubrió correctamente aplicando la papilla y, a su vez, se fue deformando poniendo en riesgo la integridad de la cascarilla cerámica.

### III.2.1.1.3. RESULTADOS SOBRE SOPORTE DE PAPEL SIN DESMOLDEANTE

El papel experimentado absorbió levemente el líquido de la papilla, su deformación fue leve y no provocó rotura. Sin embargo, es de suponer, que este resultado podría variar si el tipo de papel fuera diferente. En el apartado siguiente de “material combustible” se presenta un estudio más detallado del papel como material de soporte (tabla III.16.).

<b>Material soporte</b>	<b>Papel</b>		
<b>Desmoldeante</b>	Sin desmoldeante		
<b>Papilla empleada</b>	35/65%	40/60%	45/55%
<b>Adherencia de la papilla sobre el soporte</b>	Se adhiere	Se adhiere	Se adhiere
<b>Recubrimiento</b>	Rec. Uniforme deforma el papel	Rec. Uniforme deforma el papel	Rec. Uniforme deforma el papel
<b>Desmoldea antes de cocción</b>	No se procede	No se procede	No se procede
<b>Calidad del registro antes de la cocción</b>	No se procede	No se procede	No se procede
<b>Alteraciones con la cocción</b>	No se procede	No se procede	No se procede
<b>Desmolda tras la cocción</b>	No se procede	No se procede	No se procede
<b>Calidad del registro después la cocción</b>	No se procede	No se procede	No se procede
<b>Apta</b>	No	No	No

Tabla III.16. Tabla de resultados, recubrimiento sin desmoldeante sobre soporte de papel.

El papel, sin protección ni desmoldeante resultó no ser viable.

Se procedió, por tanto, a realizar una experiencia extraordinaria con papel satinado (Fig. III.18.).



Figura III.18. Papel sin tensoactivo. Antes y después de la aplicación.

Material soporte	Papel satinado
Desmoldeante	Sin desmoldeante
Papilla empleada	35/65%
Adherencia de la papilla sobre el soporte	Se adhiere
Recubrimiento	Rec. Uniforme, deforma el papel
Desmoldea antes de cocción	Desmoldeado correcto
Calidad del registro antes de la cocción	Bueno
Alteraciones con la cocción	Permanece intacta
Desmolda tras la cocción	Desmoldeado correcto
Calidad del registro después la cocción	Bueno
Apta	Si

Tabla III.17. Tabla de resultados, recubrimiento sin desmoldeante sobre soporte de papel satinado.

Al aplicar el jabón sobre el papel satinado, éste no se humedeció y se pudo recubrir correctamente con la papilla. Se desmoldeó en crudo y el registro resultó perfecto (tabla III.17.).

El papel satinado se recubrió sin tensoactivo y el resultado fue idóneo.

#### III.2.1.1.4. RESULTADOS SOBRE SOPORTE DE ESCAYOLA SIN DESMOLDEANTE

Material soporte	Escayola		
Desmoldeante	Sin desmoldeante		
papilla empleada	35/65%	40/60%	45/55%
Adherencia de la papilla sobre el soporte	Se adhiere	Se adhiere	Se adhiere
Recubrimiento	Rec. Uniforme	Rec. Uniforme	Rec. Uniforme
Desmoldeado antes de cocción	No se desmoldea	No se desmoldea	No se desmoldea
Alteraciones con la cocción	Se rompe	Se rompe	Se rompe
Desmoldeado tras la cocción	Muy Deficiente	Muy Deficiente	Muy Deficiente
Calidad del registro después la cocción	Pérdida parcial	Pérdida parcial	Pérdida parcial
Apta	No	No	No

Tabla III.18. Tabla de resultados, recubrimiento sin desmoldeante sobre soporte de escayola.

En el caso del la escayola experimentada, las tres composiciones de papilla se adhirieron a ésta con ninguna dificultad. La escayola es un material altamente poroso, al cual la papilla se adhiere y no se puede desmoldear en crudo.

Tras la cocción hubo una separación de ambos materiales, aunque se rompió la cascarilla cerámica y además hubo pérdida de registro de la textura. Esta rotura se verificó sobre todo en las composiciones más líquidas (40-60 y 45-55%), con la plaqueta de cascarilla cerámica realizada con composición 35/65%; sobre esta plaqueta se percibieron grietas (un comienzo de rotura) y una pérdida de registro de la textura.

Es de suponer que la causa de rotura fue debida a la absorción de la papilla por la escayola. La sílice coloidal debió penetrar dentro de la escayola generando la pérdida de registro de la textura (tabla III.18.).

Sin desmoldeante la cascarilla cerámica se rompió y restos de escayola se quedaron adheridos sobre la cascarilla cerámica, por lo tanto no es recomendable el yeso sin desmoldeante.

### III.2.1.2. APLICACIÓN DE LA PAPILLA SOBRE LOS MATERIALES CON DESMOLDEANTE DE GOMA LACA

#### III.2.1.2.1. RESULTADOS SOBRE SOPORTE DE MADERA CON GOMA LACA

Material soporte	Madera		
Tensoactivo	Goma laca		
Papilla empleada	35/65%	40/60%	45/55%
Adherencia de la papilla sobre el soporte	Se adhiere	Se adhiere	Se adhiere
Recubrimiento	Rec. Uniforme	Rec. Uniforme	Rec. Uniforme
Desmoldea antes de cocción	No se desmoldea	No se desmoldea	No se desmoldea
Alteraciones con la cocción	Con madera dura, se rompe al dilatar el soporte con madera blanda, permanece intacta	Con madera dura, se rompe al dilatar el soporte con madera blanda, permanece intacta	Con madera dura, se rompe al dilatar el soporte con madera blanda, permanece intacta
Desmoldea tras la cocción	Con madera dura, no procede Desmoldeado correcto con madera blanda	Con madera dura, no procede Desmoldeado correcto con madera blanda	Con madera dura, no procede Desmoldeado correcto con madera blanda
Calidad del registro después la cocción	Con madera dura, no procede Bueno con madera blanda	Con madera dura, no procede Bueno con madera blanda	Con madera dura, no procede Bueno con madera blanda
Apta	Con madera blanda Sí	Con madera blanda Sí	Con madera blanda Sí

Tabla III.19. Tabla de resultados, recubrimiento con desmoldeante, goma laca, sobre soporte de madera

En el caso de las maderas experimentadas (madera de pino y madera de roble), la goma laca actuó también como desmoldeante y tapaporos impermeabilizante, de manera que el líquido de la papilla no fue absorbido. Las tres composiciones de papilla recubrieron la madera sin ninguna dificultad (tabla III.19.). La cascarilla cerámica cruda una vez formada sobre madera, no se separó de ésta.

La cascarilla cerámica se rompió durante la cocción con madera dura, y no lo hizo con madera blanda.

La goma laca es adecuada como desmoldeante para la madera blanda (pino).



Figura III.19. Papilla aplicada sobre madera blanda.

### III.2.1.2.2. RESULTADOS SOBRE SOPORTE DE CARTÓN CON GOMA LACA

Material soporte	Cartón		
Desmoldeante	Goma laca		
Papilla empleada	35/65%	40/60%	45/65%
Adherencia de la papilla sobre el soporte	Se adhiere	Se adhiere	Se adhiere
Recubrimiento	Rec. Uniforme	Rec. Uniforme	Rec. Uniforme
Desmolda antes de cocción	Desmoldeado correcto	Desmoldeado correcto	Desmoldeado correcto
Calidad del registro antes de la cocción	Bueno	Bueno	Bueno
Alteraciones con la cocción	Permanece intacta	Permanece intacta	Permanece intacta
Desmolda tras la cocción	Desmoldeado correcto	Desmoldeado correcto	Desmoldeado correcto
Calidad del registro después la cocción	Bueno	Bueno	Bueno
Apta	Sí	Sí	Parcialmente

Tabla III.20. Tabla de resultados, recubrimiento con desmoldeante, goma laca, sobre soporte de cartón.

En el caso del cartón experimentado, la goma laca actuó también como desmoldeante, tapaporos e impermeabilizante. Además la goma laca aportó rigidez al material más blando.

En el caso del cartón, las tres composiciones de papilla recubrieron sin ninguna dificultad (tabla III.20.).

La goma laca actuó como aislante del cartón, pero si la papilla es muy líquida, como en el caso de la 45/55%, humedece el cartón y éste aumenta de volumen ligeramente, llegando a deformarse. Al secarse, altera de nuevo su forma afectando la estructura de la cascarilla cerámica a medio secar, provocando roturas.

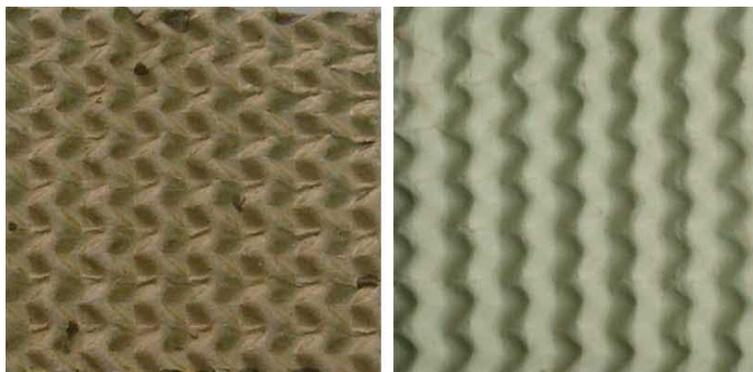


Figura III.20. Soporte de cartón aplicando goma laca. Antes y después de la aplicación.

#### Conclusiones

La goma laca actúa de aislante entre la papilla y el cartón. No hay alteración de volumen del cartón. El cartón con goma laca se puede utilizar como soporte (Fig. III.20.)

### III.2.1.2.3. RESULTADOS SOBRE SOPORTE DE PAPEL CON GOMA LACA

Material soporte	Papel		
Desmoldeante	Goma laca		
Papilla empleada	35/65%	40/60%	45/65%

<b>Adherencia de la papilla sobre el soporte</b>	Se adhiere	Se adhiere	Se adhiere
<b>Recubrimiento</b>	Rec. Uniforme	Rec. Uniforme	Rec. Uniforme
<b>Desmolda antes de cocción</b>	Desmoldeado correcto	Desmoldeado correcto	Desmoldeado correcto
<b>Calidad del registro antes de la cocción</b>	Bueno	Bueno	Bueno
<b>Alteraciones con la cocción</b>	Permanece intacta	Permanece intacta	Permanece intacta
<b>Desmolda tras la cocción</b>		Desmoldeado correcto	Desmoldeado correcto
<b>Calidad del registro después la cocción</b>	Bueno	Bueno	Bueno
<b>Apta</b>	Sí	Sí	Sí

Tabla III.21. Tabla de resultados, recubrimiento con desmoldeante, goma laca, sobre soporte de papel.

En el caso del papel experimentado, la goma laca actuó también como desmoldeante, tapaporos e impermeabilizante. La goma laca endureció el papel, lo volvió más rígido. Aunque con la papilla más líquida (45-55%), el papel se llegó a humedecer.

Una vez seca la cascarilla cerámica sobre el papel, se pudo retirar el papel sin cocción. No hubo pérdida de registro de la textura en crudo.

No se rompió la cascarilla cerámica durante la combustión (tabla III.21.).

La goma laca proporcionó al papel rigidez y actuó de aislante, entre la papilla y el papel. El papel con gomalaca se puede utilizar como soporte.

#### III.2.1.2.4. RESULTADOS SOBRE SOPORTE DE ESCAYOLA CON GOMA LACA

<b>Material soporte</b>	<b>Escayola</b>		
<b>Tensoactivo</b>	Goma laca		
<b>Papilla empleada</b>	35/65%	40/60%	45/65%
<b>Adherencia de la papilla sobre el soporte</b>	Se adhiere	Se adhiere	Se adhiere
<b>Recubrimiento</b>	Rec. Uniforme	Rec. Uniforme	Rec. Uniforme
<b>Desmolda antes de cocción</b>	No se desmoldea	No se desmoldea	No se desmoldea
<b>Alteraciones con la cocción</b>	Permanece intacta	Permanece intacta	Permanece intacta
<b>Desmolda tras la cocción</b>		Desmolda correcto	Desmolda correcto
<b>Calidad del registro después la cocción</b>	Bueno	Bueno	Bueno
<b>Apta</b>	Sí	Sí	Sí

Tabla III.22. Tabla de resultados, recubrimiento con desmoldeante, goma laca, sobre soporte de escayola.

En el caso de la escayola, las tres composiciones de papilla la recubrieron sin ninguna dificultad. Aplicando la goma laca sobre la escayola, ésta actuó como tapaporo y la papilla no pudo penetrar en la escayola.

Con la cocción, la escayola se deshidrató separándose de la cascarilla cerámica sin afectarla (tabla III.22.).

En el apartado de molde perdido de escayola se profundiza más el empleo de la goma laca como tapaporo y aislante sobre la escayola.

La goma laca resultó adecuada como desmoldeante para la escayola, aunque se debe cocer para desmoldar correctamente los materiales. La escayola con goma laca se puede utilizar como soporte.

### III.2.1.3. APLICACIÓN DE LA PAPILLA SOBRE LOS MATERIALES RECUBIERTOS CON DESMOLDEANTE DE JABÓN

#### III.2.1.3.1. RESULTADOS SOBRE SOPORTE DE MADERA CON JABÓN

Material soporte	Madera		
Desmoldeante	Jabón		
Papilla empleada	35/65%	40/60%	45/55%
Adherencia de la papilla sobre el soporte	Se adhiere	Se adhiere	Se adhiere
Recubrimiento	Rec. Uniforme	Rec. Uniforme	Rec. Uniforme
Desmolda antes de cocción	No se desmoldea	No se desmoldea	No se desmoldea
Alteraciones con la cocción	Se rompe al dilatar el soporte con madera dura Permanece intacta con madera blanda	Se rompe al dilatar el soporte con madera dura Permanece intacta con madera blanda	Se rompe al dilatar el soporte con madera dura Permanece intacta con madera blanda
Desmoldea tras la cocción	Se rompe con madera dura Desmolda correcto con madera blanda	Se rompe con madera dura Desmolda correcto con madera blanda	Se rompe con madera dura Desmolda correcto con madera blanda
Calidad del registro después la cocción	Deficiente con madera dura Pérdida parcial con madera blanda	Deficiente con madera dura Pérdida parcial con madera blanda	Deficiente con madera dura Pérdida parcial con madera blanda
Apta	No	No	No

Tabla III.23. Tabla de resultados, recubrimiento con desmoldeante, jabón, sobre soporte de madera.

El jabón aplicado sobre los materiales porosos no actuó como tapaporo e impermeabilizante, la papilla penetró en los poros provocando consecuencias funestas.

Las tres composiciones de papilla se adherieron y recubrieron sin ninguna dificultad. Tras el secado, la papilla quedó adherida y no se pudo desmoldar en ningún caso de las composiciones experimentadas.

Dependiendo del tipo de madera como soporte (madera de pino blanda o madera de roble dura), se obtuvieron dos tipos de resultado: con madera dura la cascarilla cerámica se rompe, con madera blanda no.

El caso de la papilla 45/55%, resultó ser la más absorbida por la madera, y con la cocción se verificó mayor rotura con madera dura, y con madera blanda aparecieron grietas sobre la superficie de la cascarilla cerámica.

En el caso de las papillas 35/65% y 40/60% con la cocción se verificó ruptura empleando madera dura, en cambio empleando madera blanda no se verificó rotura, pero hubo una leve pérdida de registro de la textura (tabla III.23.).

El jabón resultó ser poco adecuado como desmoldeante para la madera.

### III.2.1.3.2. RESULTADOS SOBRE SOPORTE DE CARTÓN CON JABÓN

Material soporte	Cartón		
Desmoldeante	Jabón		
Papilla empleada	35/65%	40/60%	45/65%
Adherencia de la papilla sobre el soporte	Se adhiere	Se adhiere	Se adhiere
Recubrimiento	Rec. Uniforme	Rec. Uniforme	Rec. Uniforme
Desmolda antes de cocción	No se procede	No se procede	No se procede
Alteraciones con la cocción	No se procede	No se procede	No se procede
Desmolda tras la cocción	No se procede	No se procede	No se procede
Calidad del registro después la cocción	No se procede	No se procede	No se procede
Apta	No	No	No

Tabla III.24. Tabla de resultados, recubrimiento con desmoldeante, jabón, sobre soporte de cartón.

Al aplicar el jabón sobre el cartón, este absorbió el agua aumentando de volumen y deformándose incluso antes de ser aplicada la papilla.

La papilla aplicada sobre el cartón aportó más agua, con lo que el cartón se deformó todavía más.

También en este caso, al secarse el cartón, se remodificó su forma afectando aún más la estructura de la cascarilla cerámica. Una vez que la cascarilla cerámica estuvo seca se detectaron grietas sobre ésta y al separar el soporte de cartón, ésta se rompió. La rotura de la cascarilla cerámica fue debido a la contracción del cartón durante la aplicación de la papilla.

El jabón resultó no ser apto como desmoldeante para el cartón (tabla III.24.).

### III.2.1.3.3. RESULTADOS SOBRE SOPORTE DE PAPEL CON JABÓN

Material soporte	Papel		
Desmoldeante	Jabón		
Papilla empleada	35/65%	40/60%	45/65%
Adherencia de la papilla sobre el soporte	No se procede	No se procede	No se procede
Recubrimiento	No se procede	No se procede	No se procede
Desmolda antes de cocción	No se procede	No se procede	No se procede
Alteraciones con la cocción	No se procede	No se procede	No se procede
Desmolda tras la cocción	No se procede	No se procede	No se procede
Calidad del registro después la cocción	No se procede	No se procede	No se procede
Apta	No	No	No

Tabla III.25. Tabla de resultados, recubrimiento con desmoldeante, jabón, sobre soporte de papel.

Al aplicar el jabón sobre el papel este se deshizo, por lo tanto no se pudo aplicar la papilla.

Por lo tanto, el jabón no resultó apto como tensoactivo para el papel (tabla III.25.).

### III.2.1.3.4. RESULTADOS SOBRE SOPORTE DE ESCAYOLA CON JABÓN

Material soporte	Escayola		
Desmoldeante	Jabón		
Papilla empleada	35/65%	40/60%	45/55%
Adherencia de la papilla sobre el soporte	Se adhiere	Se adhiere	Se adhiere
Recubrimiento	Rec. Uniforme	Rec. Uniforme	Rec. Uniforme
Desmolda antes de cocción	No se desmoldea	No se desmoldea	No se desmoldea
Alteraciones con la cocción	No	Se rompe	Se rompe
Desmolda tras la cocción	Desmoldea bien	Desmoldea deficiente	Desmoldea deficiente
Calidad del registro después la cocción	Pérdida parcial	Pérdida parcial	Pérdida parcial
Apta	No	No	No

Tabla III.26. Tabla de resultados, recubrimiento con desmoldeante, jabón, sobre soporte de escayola.

En el caso del la escayola, las tres composiciones de papilla se adhirieron y recubrieron sin ninguna dificultad.

El jabón actuó como desmoldeante, aunque el líquido contenido por la papilla fue absorbido igualmente por la escayola. Con la aplicación del jabón, la papilla quedó adherida a la pared de escayola quedando la primera capa de contacto pegada al molde, perdiéndose el registro y provocando la rotura de ésta.

Mediante cocción, hubo una separación de ambos materiales; pero también en este caso se produjo, en parte, la rotura de la cascarilla cerámica. Esta rotura fue menor con respecto de la de sin aplicación de desmoldeante, como se presentó anteriormente (Fig. III.21.).

En experiencias posteriores aplicadas a la escultura, se confirmaron los resultados. Con jabón como desmoldeante se rompieron algunas esculturas de cascarilla cerámica (tabla III.26.).

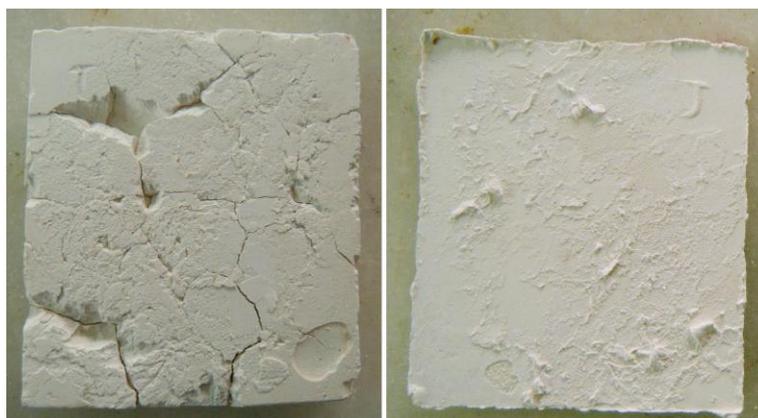


Figura III.21. (Izquierda) soporte de escayola. (Derecha) resultado de la cascarilla cerámica sobre escayola.

El jabón resultó ser poco adecuado como desmoldeante para la escayola, aunque en este caso haya funcionado con la composición más resistente y en pequeño formato.

#### Conclusiones sobre los desmoldeantes

Sin desmoldeante no resulta, en general, recomendable la aplicación de la cascarilla cerámica sobre un soporte.

Con jabón como desmoldeante los resultados obtenidos tampoco son satisfactorios.

Con goma laca como desmoldeante los resultados son buenos y reproduce fielmente, por tanto se considera que el producto que mejor desmoldea es la goma laca.

## III.2.2. PRODUCTOS AUXILIARES: SEPARADORES

### III.2.2.1. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE PELÍCULAS DE PLÁSTICO COMO SEPARADOR PARA DESMOLDEADO DE LA CASCARILLA CERÁMICA

Durante este ensayo se observó que la cascarilla cerámica se separaba del plástico en cuanto se secaba. El desmoldeado de los dos materiales se produjo sin esfuerzo.

Debido a que la papilla, durante el proceso de aplicación, es repelida por los plásticos, sobre todo cuando se utilizan papillas con un porcentaje alto de sílice coloidal, se decidió utilizar la papilla más densa (35/65%), que era la que recubría correctamente este tipo de materiales, incluso sin aplicación previa de la goma laca.

#### Procedimiento

Se utilizaron diferentes tipos de materiales como soporte, al estar recubiertos por separadores de plástico estos materiales no afectaron al resultado.

Se optó por utilizar plásticos como separadores (cinta adhesiva, film de plástico y acetato muy fino), revistiendo dos tipos de soportes: plaquetas planas y una semiesfera.

Sobre el plástico se procedió a la aplicación de las capas de la cascarilla cerámica. Se aplicaron cinco capas de papilla y cinco de rebozado. La papilla se aplicó mediante pincel. Una vez que la cascarilla cerámica estuvo bien seca se procedió al desmoldeado.

#### Resultados

Soporte	Plástico
Separador	Diversos de plástico: cinta adhesiva, film de plástico y acetato muy fino
Tensoactivo	Sin tensoactivo
Papilla empleada	35/65%
Adherencia de la papilla sobre el soporte	Si, correcta sobre todos los soportes de plástico empleado
Recubrimiento	Rec. Uniforme sobre todo los soportes de plástico
Durante el secado	Sobre soporte flexible (Plancha de poliestireno) Aparece una grieta. Sobre el resto no
Desmoldea antes de cocción	Sí sobre todo los soportes empleados
Calidad del registro después la cocción	Al poner separador se pierde el registro del soporte pero se reproduce correctamente el del separador
Apta	Sí

Tabla III.27. Tabla de resultados.

Se observó una fácil e instantánea separación de la cascarilla cerámica aplicada sobre las planchas en el momento en que ésta se secaba, obteniéndose una superficie lisa.

Sin embargo, la flexibilidad del soporte (plancha de poliestireno) provocó un debilitamiento en la estructura de la cascarilla cerámica que se manifestó después del desmoldeado, con el consecuente desmoronamiento de la misma, (Fig. III.22.), (tabla III.27.).



Figura III.22. De izquierda a derecha: Plancha de poliestireno con cascarilla cerámica, plancha de hierro recubierta de cinta de embalaje, grieta en la superficie de la cascarilla cerámica provocada por la flexibilidad del soporte.

En una segunda prueba, en la cual se empleó una plancha de poliestireno, la segunda capa de papilla se aplicó un día después de la primera capa, lo que solucionó el problema de las fisuras.

Los soportes esféricos, con separador de film, no permitieron lograr una textura lisa de la cascarilla cerámica a diferencia de las planchas, porque el film de plástico y la cinta de embalaje se arrugaban, reproduciendo en la cascarilla cerámica la textura arrugada del separador (Fig. III.23. y III.24.).



Figura III.23. De izquierda a derecha: Molde de escayola recubierto de film de plástico, desmoldeado, arrugas del aislante reproducidas en la superficie de la cascarilla cerámica.



Figura III.24. Textura a partir de cinta de embalaje (izquierda). Textura obtenida a partir de film de plástico (centro y derecha).

### Valoraciones y conclusiones

El plástico actúa correctamente como separador. Los separadores de plástico son sumamente efectivos como separadores desmoldeantes, con la particularidad de que cuando se utilizan sobre superficies esféricas alteran la calidad del registro.

### III.2.2.2. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE PELÍCULAS DE ESCAYOLA Y DE GOMA LACA COMO SEPARADORES ENTRE SOPORTE DE CASCARILLA CERÁMICA Y MOLDE DE CASCARILLA CERÁMICA

La cascarilla cerámica es un material que se adhiere sobre sí mismo, de hecho se realizan los recubrimientos aplicando capa sobre capa.

Durante las pruebas con escayola realizadas en los apartados anteriores se observó que la cascarilla cerámica se desprendía correctamente de la escayola después de la cocción. De esta experiencia se dedujo que la escayola recubierta con goma laca podría ser aplicada como separador entre un soporte de cascarilla cerámica y su recubrimiento de cascarilla cerámica.

#### Objetivo

Estudiar la aplicación de la escayola y de la goma laca, ya que puede ser empleada como material separador entre un soporte de cascarilla cerámica y su recubrimiento del mismo material.

#### Materiales

Se empleó un soporte de cascarilla cerámica formada por cinco capas de papilla (35/65%) con cinco capas de rebozado de Moloquita 50-80dd.

Para el recubrimiento se utilizó el mismo tipo de material del soporte.

Se empleó la escayola y goma laca como separador desmoldeante.

#### Procedimiento

Se realizaron tres ensayos sobre tres plaquetas idénticas de cascarilla cerámica (10x10cm):

- Se aplicó sobre una plaqueta, ya conformada de cascarilla cerámica, una capa de escayola muy líquida aplicada con pincel, y una vez seca, se procedió a la aplicación de la cascarilla cerámica sobre la capa de escayola.
- Se aplicó sobre una plaqueta ya conformada de cascarilla cerámica una capa de goma laca como tapaporo. Sobre esta capa de goma laca se aplicó una capa muy líquida de escayola como separador y luego otra capa de goma laca como tapaporo de la escayola. Sobre éstas se procedió a la conformación de la cascarilla cerámica.
- Se aplicaron sobre una plaqueta, ya conformada de cascarilla cerámica, varias capas de goma laca, y sobre éstas se procedió a la conformación de la cascarilla cerámica.

En ambos tipos de prueba, una vez conformada la cascarilla cerámica sobre las plaquetas se sometieron a una cocción de 750°C.

#### Resultados de la primera plaqueta

Al aplicar la escayola líquida sobre la plaqueta de cascarilla cerámica, ésta fue absorbida rápidamente formando una capa gruesa de escayola (Fig. III.25. detalle).



Figura III.25. Plaquetas de cascarilla cerámica separadas con escayola.

En la primera plaqueta de cascarilla cerámica, recubierta con una película de escayola, tras la cocción se produjo una rápida separación del recubrimiento de cascarilla cerámica. La escayola actuó de separador. La superficie de la segunda plaqueta de cascarilla cerámica reprodujo la textura de la escayola pero no el registro de la plaqueta de cascarilla cerámica que actuaba de soporte, por esto la escayola se ha considerado un separador.

La capa de escayola después de la cocción permaneció levemente adherida sobre la superficie de las dos cascarillas cerámica, ésta fue fácil de eliminar.

#### Resultados de la segunda plaqueta

En este ensayo, la aplicación previa de goma laca impidió que la capa de escayola fuese absorbida por la cascarilla cerámica, por esto se conformó una capa fina de escayola sobre la superficie de la cascarilla cerámica (Fig. III.26. detalle).

En la segunda plaqueta de cascarilla cerámica recubierta con capas alternas de goma laca, escayola y goma laca se consiguió, tras la cocción, una separación perfecta del recubrimiento de cascarilla cerámica.

La superficie del recubrimiento de cascarilla cerámica (plaqueta derecha, Fig. III.26) reprodujo la textura de la escayola, aunque al ser ésta muy fina, el resultado fue de mayor fidelidad en la reproducción de la textura de la primera plaqueta. Al haber aplicado goma laca sobre la escayola, se observa en la imagen menor residuo de escayola sobre la superficie del recubrimiento.



Figura III.26. Plaquetas de cascarilla cerámica separadas mediante un estratificado de goma laca, escayola y goma laca.

#### Resultados de la tercera plaqueta

En la tercera plaqueta, recubierta solamente con goma laca, se consiguió una separación de las dos plaquetas de cascarilla cerámica. No obstante la calidad del registro obtenido en esta experiencia fue del todo satisfactoria. Una parte de superficie de la cascarilla cerámica se quedó adherida sobre la otra superficie de cascarilla cerámica (Fig. III.27.).

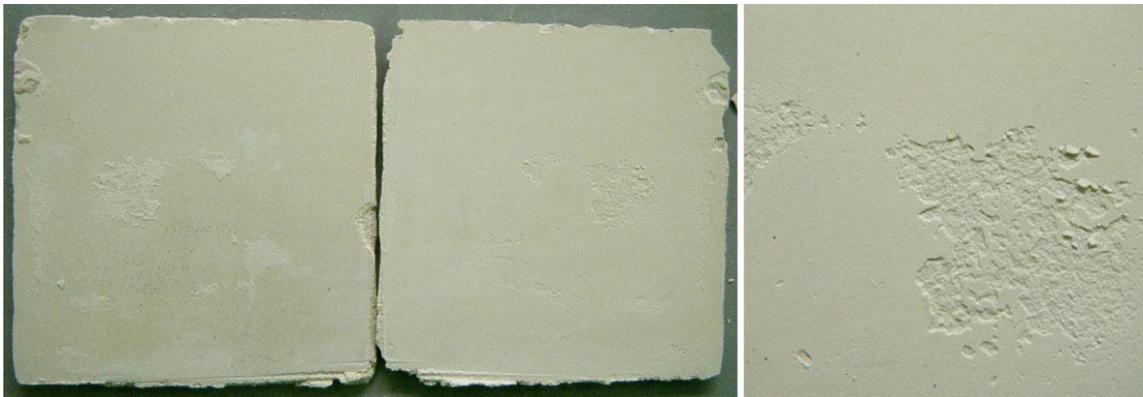


Figura III.27. Plaquetas de cascarilla cerámica separadas mediante goma laca.

Aplicando goma laca, poco concentrada, existía el riesgo de que la dos plaquetas de cascarilla cerámica se quedaran adheridas.

Material soporte	Cascarilla cerámica		
Separador	Escayola líquida	Estratificado de goma laca, escayola muy líquida y goma laca	Goma laca
Adherencia de la papilla	Sí	Sí	Sí
Recubrimiento	Correcto	Correcto	Correcto
Desmoldea en crudo	No	No	No
Desmoldea tras la cocción	Si, correctamente	Si, correctamente	Con dificultad en este caso
Calidad del registro	Pérdida de registro	Pérdida parcial	Defectos por adherencias, calidad de registro buena

Tabla III.28. Tabla de resultados.

### Conclusión

En todos los ensayos la escayola y la goma laca actúan correctamente como separador para el desmoldeado (tabla III.28.).

El estratificado de goma laca, escayola líquida y goma laca garantiza una separación correcta.

El uso de escayola como separador, reduce la calidad de registro, ya que no se copia bien la textura de la cascarilla cerámica que hace de soporte.

Con la goma laca, la calidad de registro es mucho mayor, pero como se ha observado en la prueba, existe cierto riesgo de adherencia entre cascarillas. Es de suponer, atendiendo los resultados, que una aplicación de goma laca más espesa evitaría las adherencias entre cascarillas.

## III.2.3. MOLDEADO POR RECUBRIMIENTO DE MATERIALES COMBUSTIBLES

Un moldeado consiste en realizar un negativo tridimensional de un volumen o pieza original al que se viene denominando patrón o soporte. En el negativo, generalmente una oquedad, se vierte el material con el que se quiere editar la reproducción, que suele ser de escayola, polímeros, metales, etc., esta operación recibe el nombre de vaciado.

La cascarilla cerámica como se presentó en el capítulo I se utiliza en fundición para moldear, es un material de proceso. En esta investigación la cascarilla cerámica pierde su uso específico como molde, pero el procedimiento de conformación de la cascarilla cerámica puede ser el mismo. Este negativo de cascarilla cerámica, en este caso, se considera pieza escultórica y no material de proceso. La papilla que recubre el patrón aumenta el grosor de la cascarilla cerámica, creciendo de dentro hacia fuera, resultando una cara interior que moldea y reproduce de manera minuciosa todos los detalles del modelo y su forma, y una exterior que esta modelada sobre al soporte, en algún caso acabado con el rebozado, que tiene una textura granulada debido al refractario, en este caso la Moloquita 50-80.

Si se aplica la papilla en el interior del patrón o de un molde, el crecimiento del grosor es de fuera para dentro, pues el aumento de volumen de la cascarilla cerámica está en el interior del soporte. Además, varía la textura de la cascarilla cerámica, el resultado será; en el exterior una superficie que reproduce la textura interior del patrón o del molde (cara visible) y un interior rebozado (que no será visible).

### Objetivo

Dado que la capacidad de la cascarilla cerámica para moldear se ha demostrado durante su prolongado uso en fundición, el objetivo fue el de ratificar las posibilidades de la cascarilla

cerámica para moldear, comprobando también su viabilidad con otros materiales distintos de la cera como soporte y experimentar modalidades de aplicación de la papilla sobre las distintas tipologías de materiales.

### **Materiales**

Es importante que todos los materiales utilizados se puedan fundir y/o quemar con la cocción, dejando la cascarilla cerámica libre. Obviamente, se tuvo en cuenta que los materiales introducidos en el horno cumplieran durante el proceso de combustión, garantías de seguridad, de toxicidad y de impacto ambiental.

Al utilizar un material combustible como soporte no fue necesario extraerlo antes de la cocción de la cascarilla cerámica. La posibilidad de cocer el conjunto de cascarilla cerámica y modelo proporcionó además de limpieza en el proceso de realización, la eliminación del modelo a través del calor, sin afectar la estabilidad de la estructura de la cascarilla cerámica, que se endurece así correctamente.

Se emplearon materiales representativos de cada género, examinando su comportamiento al incorporar la cascarilla cerámica tanto antes como después de la cocción. Además, tal y como se ha confirmado anteriormente, como la cascarilla cerámica no reduce de volumen durante su secado, es posible emplear soportes de distinta consistencia para conseguir su reproducibilidad: estables, firmes, rígidos, blandos...

Dependiendo del material del soporte, la papilla se comportó, previsiblemente, de distinta manera sobre material flexible, material rígido o material poroso. Por esta razón, se plantearon distintos procesos de aplicación de la papilla con el objeto de analizar el comportamiento de la misma.

La papilla empleada se compuso del aglutinante PW 50 en distintos porcentaje: 35/65%, 40/60% y 45/55%.

Los materiales que se emplearon como soportes para la conformación de la cascarilla cerámica fueron, habitualmente, materiales combustibles; destacando entre ellos un material fusible como es la cera.

Una vez que se ha conformado la cascarilla cerámica sobre estos materiales se procedió a la cocción, lo que hizo desaparecer los soportes al mismo tiempo que se liberó la cascarilla cerámica, que se fortaleció con dicha cocción.

En este apartado se experimentaron distintos materiales combustibles como soporte.

Se emplearon distintos tipos de papilla (35/65% y 40/60%) en función de las necesidades.

### **Procedimiento**

Se observó la reacción de la aplicación de la cascarilla cerámica sobre cada material de soporte experimentado y al mismo tiempo se valoró cómo reaccionaba la papilla sobre estos materiales durante su aplicación, su secado y su cocción.

Se recubrieron soportes de distintos materiales con cinco capas de cascarilla cerámica.

En las pruebas realizadas se tuvo en consideración:

- Comportamiento durante la aplicación de la papilla y el resto del recubrimiento.
- Comportamiento durante el secado, si la papilla aplicada sobre el soporte secaba adecuadamente o se resquebrajaba, se humedecía el material de soporte aumentando su volumen, si ello reventaba la cascarilla cerámica, etc.)
- Desmoldeado en crudo: si se separaba sin esfuerzo, con esfuerzo, manteniendo la integridad, etc.
- Comportamiento durante la cocción, si el material dilatava durante la combustión y rompía la cascarilla cerámica, se retorció el material y rompía la cascarilla cerámica, se contraía el material y dejaba la cascarilla cerámica intacta, se volatilizaba el material, etc.)
- Residuos, si el material dejaba residuos después de la cocción (abundantes, pocos, se pegaban, se eliminaban bien, etc)..

- Desmoldeado tras la cocción, si el material que actuaba de soporte desmoldea correcta o incorrectamente, si se rompía, etc.

### III.2.3.1. SOPORTE DE CERA

La cera es uno de los materiales con mayor posibilidad de uso en la cascarilla cerámica. Es un material muy versátil en cuanto a su manipulación, ésta se puede moldear usando un molde de escayola o silicona, para obtener una forma compleja. También es posible modelarla y deformarla utilizando espátulas metálicas, que se calientan previamente u otras herramientas como pistolas de aire caliente, que aplican una fuente de calor, o soldadores eléctricos, utilizados para unir planchas de cera ya solidificadas.

No obstante, no se han hecho ensayos de comportamiento de la cascarilla cerámica sobre la cera porque se parte ya de un conocimiento de la experiencia previa de fundición. La cera es un material muy vinculado a los procesos de fundición con cascarilla cerámica que se incluye en los procedimientos de la cera perdida, donde la cera se derrite y sus restos se queman durante el descerado y la cocción, dejando el molde el vacío y preparado para la operación de colada de metal fundido.

### II.2.3.2. SOPORTE DE MADERA Y AGLOMERADO

#### Objetivo

Determinar si la madera y aglomerado podía utilizarse como soporte de la cascarilla cerámica.

#### Materiales

Se escogieron cuatro tipos de madera y aglomerado. Las maderas empleadas en el ensayo, fueron las siguientes:

- Okume, madera dura, con forma articulada de tamaño 10,5x3x8cm
- Conglomerado 13x3,5x8cm
- Pino, madera blanda, de forma rectangular 8x2,5x2,5cm
- Pino, madera blanda, forma cilíndrica de altura 12cm y diámetro 2cm.

#### Procedimiento

Se seleccionaron soportes distintos de madera. Se aplicó una capa de goma laca (como tapaporo). Se recubrieron con cinco capas de papilla PW 50 al 35/65% y cinco capas de rebozado Moloquita 50-80dd. Se sometió el conjunto a una cocción de 750°C. A continuación, se verificaron los efectos del proceso sobre la superficie (Fig. III.28.).

#### Resultados

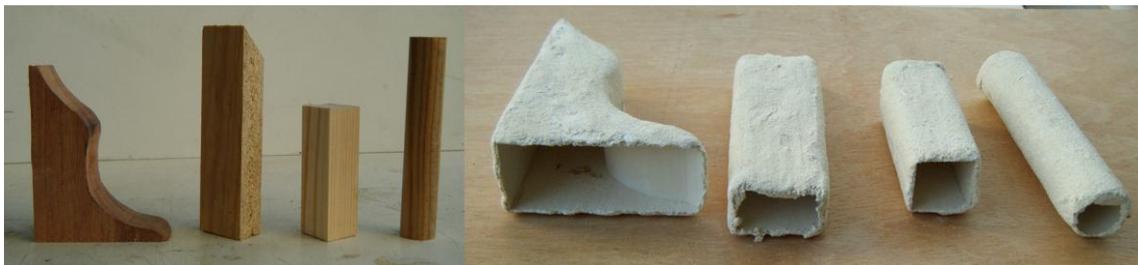


Figura III.28. De izquierda a derecha: Okume, conglomerado, y pino. Antes y después de la cocción.

Se comprobó después de la cocción lo siguiente:

- El Okume, fracturaba la cascarilla cerámica (Fig. III.29).
- El conglomerado no afectaba la estructura de la cascarilla cerámica; se consideró un material blando.
- El pino, en sus dos formas, al ser una madera blanda, no afectó la estructura cerámica y no presentó agrietamiento.

Material soporte	Madera Okume Irregular con aristas	Madera Conglomerado o prismático	Madera Pino prismático	Madera Pino cilíndrico
Impermeabilizante	Goma laca	Goma laca	Goma laca	Goma laca
Adherencia de la papilla	Si	Si	Si	Si
Recubrimiento	Correcto	Correcto	Correcto	Correcto
Secado	Seca bien	Seca bien	Seca bien	Seca bien
Desmoldea en crudo	No	No	No	No
Residuos de cocción	Cenizas	Cenizas	Cenizas	Cenizas
Se deteriora con la cocción	El Okume fractura la cascarilla cerámica	No afecta la estructura de la cascarilla cerámica	No afecta la estructura cerámica y no presenta agrietamiento	No afecta la estructura cerámica y no presenta agrietamiento
Desmoldea tras la cocción,	Ha desaparecido el soporte	Ha desaparecido el soporte	Ha desaparecido el soporte	Ha desaparecido el soporte
Perdida de registro de la capa de contacto sobre la escayola	Registra bien	Registra bien	Registra bien	Registra bien

Tabla III.29. Tabla de resultados.



Figura III.29. Fractura de la cascarilla cerámica en Okume.

### Valoración y conclusión

Se constata que no todos los tipos de maderas se pueden emplear como soporte, debido a que durante la combustión hay maderas que se contraen afectando la estructura de la cascarilla cerámica.

Se concluye como orientación que, para realizar un soporte de madera es preferible emplear un tipo de madera blanda o conglomerados, independientemente de la forma, ya que la utilización de éstos no afecta la estructura cerámica (tabla III.29.).

### II.2.3.3. SOPORTE DE PAPEL

#### Objetivo

Determinar si el papel podía utilizarse como soporte de la cascarilla cerámica.

#### Procedimiento y planificación de la prueba

El procedimiento consistió en dar forma al papel, en este caso de seda, al considerar que este material es muy frágil y dificulta el proceso. Sobre este soporte se procedió a la aplicación de cuatro capas de papilla de composición 40/60% alternadas con el rebozado de Moloquita 50-80dd

Para el recubrimiento de papilla se tuvo en cuenta lo siguiente:

- Se aplicó goma laca sobre el soporte de papel para endurecerlo e impermeabilizarlo.
- Las primeras aplicaciones de papilla se acompañaron con rebozado, dado que el papel no presenta una rigidez suficiente para su manipulación y para aguantar el peso del rebozado.
- Cada aplicación de papilla se sometió a un tiempo de secado largo: la primera capa se dejó un día, y las siguientes varias horas en función del tamaño del soporte. Se disminuyó paulatinamente el tiempo de secado en las capas posteriores.

Criterios de validación: para valorar los resultados se tuvo en cuenta la capacidad del papel para soportar el recubrimiento, la estabilidad de la papilla sobre el papel, calidad del recubrimiento, comportamientos durante el secado, cocción y desmoldeado.

### Resultados

Se obtuvieron los resultados de la Fig. III.30., que se puede observar a continuación.



Figura III.30. De izquierda a derecha: papel de seda, papilla aplicada en el interior de soporte (papel sólo), papilla aplicada exteriormente (papel sólo).

Como se puede observar en la tabla III.30. el procedimiento resultó perfectamente viable atendiendo los criterios de validación expuestos en el procedimiento.

Material soporte	Papel
Impermeabilizante	Goma laca, endurece el soporte
Adherencia de la papilla	Si
Aplicación del rebozado	A partir de la segunda capa de papilla
Recubrimiento	Correcto
Secado	Prolongado en las primera dos capas de papilla
Desmoldea en crudo	Si
Residuos de cocción	Pocas cenizas
Se deteriora con la cocción	No afecta la estructura de la cascarilla cerámica
Desmoldea tras la cocción,	Ha desaparecido el soporte
Calidad del registro	Registra correctamente

Tabla III.30. Tabla de resultados.

### Valoración y conclusión

Es posible emplear soportes de papel. El papel, dada la fragilidad del soporte requiere, un tiempo dilatado de procesado de la cascarilla cerámica debido a la necesidad de endurecer mediante el secado las distintas capas. La densidad de la papilla debe adecuarse al grueso del papel, si es muy espesa resulta demasiado pesada, y si es demasiado líquida llega a humedecer en exceso el papel. En ambos casos extremos se puede llegar a deformar el soporte.

Un correcto secado de la primera capa, permite que las capas sucesivas puedan ser aplicadas de manera más frecuente (siempre considerando las limitaciones impuestas por el soporte), con tiempos de entre 10-15 minutos o menos entre aplicaciones. En este caso, la humedad favorece una mejor adherencia entre las capas, obteniéndose así una estructura más compacta.

La aplicación sobre una capa completamente seca favorece el secado, por absorción, de la capa sucesiva.

#### II.2.3.4. SOPORTE DE CARTÓN

##### Objetivo

Determinar si el cartón podía utilizarse como soporte de la cascarilla cerámica.

##### II.2.3.4.1. SOPORTE DE CARTÓN (TUBO)

El cartón se presenta con distintas formas, cuadrada, rectangular, cilíndrica y hojas.

##### Objetivo

En este ensayo se quiso valorar qué tipo de espesor podía tener el cartón sin que con la cocción se pudiera ver afectada la estructura de la cascarilla cerámica, como sucedía con algunas maderas. Por lo tanto, se procedió a valorar el tipo de espesor más adecuado para las aplicaciones planteadas.

##### Procedimiento

Se escogieron dos tubos de cartón de distinto diámetro (4 y 6cm con altura 120cm). Se escogió la forma tubular al suponer que su reacción durante el proceso de aplicación y cocción sería más complejo. Se les aplicó goma laca mediante una sencilla y breve experiencia, se procedió a recubrir de revestimiento cerámico los dos tubos de cartón. Luego se aplicaron cinco capas de papilla de composición 35/65% alternado con rebozado de Moloquita 50-60dd.

Se cocció a 750°C.

##### Resultados



Figura III.31. Aplicación de la cascarilla cerámica sobre tubo de cartón. (Fotos superiores). Resultado después de la cocción, tubo de cascarilla cerámica (fotos inferiores)

Material soporte	Cartón	
Forma de soporte	Cilindro con espesor 3mm	Cilindro con espesor 5mm
Tamaño del soporte	Diámetro 4cm altura 120cm	Diámetro 6cm altura 120cm
Impermeabilizante	Goma laca, para aislar	Goma laca, para aislar
Adherencia de la papilla	Sí	Sí
Recubrimiento	Correcto	Correcto
Comportamiento durante el secado	No se agrieta durante el secado	No se agrieta durante el secado
Desmoldea en crudo	No	No
Residuos de cocción	Sí, cenizas	Sí, cenizas
Se deteriora con la cocción	No afecta la estructura de la cascarilla cerámica	No afecta la estructura de la cascarilla cerámica
Desmoldea tras la cocción	Ha desaparecido el soporte	Ha desaparecido el soporte
Calidad del registro	Registra correctamente	Registra correctamente

Tabla III.31. Tabla de resultados.

La aplicación de la goma laca sobre el soporte de cartón evitó la absorción, por parte del cartón, del líquido de la papilla, por lo tanto actuó como aislante. La primera aplicación de papilla requirió de un tiempo de secado largo, para que el soporte de cartón se secase completamente en caso de que se hubiese humedecido.

Al producirse la combustión del cartón no fue necesario desmoldear (tabla III.31.).

#### Valoración y conclusión

Es posible emplear soportes de cartón.

#### III.2.3.4.2. SOPORTE DE CARTÓN DE NIDO DE ABEJA

##### Objetivo

Comprobar si era posible utilizar cartón con formas más complejas como soporte, como por ejemplo el panel alveolar.

##### Procedimiento

Esta experiencia se realizó en colaboración con la alumna de la facultad de Bellas Artes de Barcelona, Elena Salonen, quien empleó este tipo de soporte en un tamaño 60x56x5cm, el cual recubrió con cinco capas de papilla de composición 45/65% (papilla líquida) y sólo dos de rebozado de Moloquita 50-80dd (en la primera y segunda capa), empleando en las otras capas sólo papilla para no perder la forma completa del soporte (tabla III.32.). Una vez conformada la cascarilla cerámica sobre el soporte se coció a una temperatura de 750°C.

Procedimiento de realización de la cascarilla cerámica sobre cartón de nido de abeja 60x56x5cm		
Capas de papilla	Capa de rebozado	Tiempo de secado
1 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	24h
2 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	5h
3 <sup>a</sup>		45min
4 <sup>a</sup>		15min
5 <sup>a</sup>		15min

Tabla III.32. Procedimiento de realización de la cascarilla cerámica sobre cartón de nido de abeja 60x56x5cm.

Se empleó una composición de la papilla líquida 45-55%, para que su densidad lo suficientemente baja como para que la papilla penetrara entre los alvéolos.

El tiempo de secado se alargó sobre todo para las primeras dos capas porque se empleó una papilla líquida con el objeto de conseguir rigidez en la estructura.

### Resultados y observaciones



Figura III.32. Cartón de nido de abeja. Fotos de Elina Salonen.

Las papillas más densas no penetraron en los espacios internos de la estructura.

La primera capa aportó estabilidad y rigidez al soporte inestable, y las siguientes capas reforzaron y proporcionaron volumen y compactaron la cascarilla cerámica. Un correcto secado de las primeras capas permitió que las capas sucesivas pudieran ser aplicadas de manera más frecuente.

Al aplicar el rebozado en las primeras dos capas no se formaron grietas sobre las capas de sólo papilla en las aplicaciones siguientes.

Al modelar la cascarilla cerámica sobre el cartón se perdió la forma y se alteró la forma inicial del cartón, obteniendo otro aspecto del cartón (Fig. III.32. nº2).

Al recubrir completamente el cartón con la cascarilla cerámica, éste quedó atrapado en su interior, y tras la cocción, las cenizas del cartón permanecieron en el interior de la cascarilla cerámica. El panel alveolar presentó una estructura muy resistente que soportó muy bien el peso de la papilla. El cartón al quemarse no afectó la estructura de la cascarilla cerámica, no se generaron grietas (tabla III.33.).

Material soporte	Cartón de panel alveolar o nido de abeja
Tapaporo para el separador	Goma laca, para aislar
Adherencia de la papilla	Sí
Recubrimiento	Correcto
Comportamiento durante el secado	Prolongado en las primera dos capas de papilla
Desmoldea en crudo	No, la cascarilla cerámica recubre completamente todo el soporte
Residuos de cocción	Sí, pero el residuo permanece atrapado en el interior de la cascarilla cerámica
Se deteriora con la cocción	No afecta la estructura de la cascarilla cerámica
Desmoldea tras la cocción	El catón remane en el interior de la cascarilla cerámica
Calidad del registro	Registra correctamente

Tabla III.33. Tabla de resultados.

### Valoración y conclusión

Es posible utilizar cartón de nido de abeja como soporte para la cascarilla cerámica.

### III.2.3.5. SOPORTES VEGETALES

#### Objetivo

Se pretendió comprobar si los materiales vegetales (hortalizas y otras plantas) se pueden emplear como soporte.

#### Procedimiento

Para este ensayo se eligieron distintas tipologías de materiales vegetales de estructura flexible (hojas) y de estructura rígida (cascarilla cerámica de planta y hortaliza), y se procedió de manera distinta en la aplicación de la papilla con estos tipos de soporte:

- En las hojas se aplicó la papilla por ambos lados de las hojas de col (Fig. III.33. y Fig. III.34.).
- En el pimiento la papilla se vertió en su interior (Fig. III.35.).
- En la cáscara del árbol del braquiquito (*Brachychiton populneus*), se aplicó la papilla en su interior (Fig. III.36.).

Sobre estos soportes se aplicó una papilla de composición 40/60% acompañada por el rebozado de Moloquita 50-80dd.

#### Resultados



Figura III.33. Soporte col (izquierda) reproducción en cascarilla cerámica (derecha).



Figura III.34. Anverso y reverso de hoja de col (soporte flexible) y su reproducción en cascarilla cerámica.



Figura III.35. Reproducción del interior de una hortaliza.



Figura III.36. Reproducción del interior de una cascarilla de planta

Material soporte	Vegetales		
	Hoja de col	Pimiento	Cáscara de planta
Forma de soporte	Goma laca, para aislar	Goma laca, para aislar	Goma laca, para aislar
Adherencia de la papilla	Sí	Sí	Sí
Recubrimiento	Correcto	Correcto	Correcto
Comportamiento durante el secado	Prolongado en las primera dos capas de papilla	Prolongado en las primera dos capas de papilla debido a la humedad del interior del pimiento	Rápido
Desmoldea en crudo	Sí	Parcialmente	No.
Residuos de cocción	No	No	Sí
Se deteriora con la cocción	No afecta la estructura de la cascarilla cerámica	No afecta la estructura de la cascarilla cerámica	No afecta la estructura de la cascarilla cerámica
Desmoldea tras la cocción	Correcta	Correcta	Correcta
Calidad del registro	Registra correctamente	Registra correctamente	Registra correctamente

Tabla III.34. Tabla de resultados.

### Observaciones

Al emplear un soporte rígido, se realizó el recubrimiento cerámico de una manera más rápida.

Por el contrario, al utilizar un soporte flexible o blando, como pueden ser hojas de planta u hortalizas, se realizó un secado lento de la papilla en cada aplicación y especialmente las primeras capas, las cuales estaban bien secas, aportando rigidez suficiente para la aplicación de las siguientes.

Por otro lado, consideró la humedad natural que presentaban los materiales orgánicos, que aunque sea desfavorable para el secado de otros materiales no resultó ser un problema para la papilla cerámica.

Tomando como base la experiencia propia con el material cabe destacar que:

- Cuando se emplean soportes inestables las primeras dos capas requieren más tiempo de secado (un mínimo de un día) para lograr una estructura adecuada de la superficie.
- Un correcto secado de la primeras capas, permite que las capas sucesivas puedan ser aplicadas de manera más frecuente (siempre considerando las limitaciones impuestas por el soporte), con tiempos de entre 15 minutos entre aplicaciones. La aplicación sobre una capa completamente seca favorece el secado, por absorción, de la capa sucesiva.

Tras la experiencia, se observó que la primera capa aportaba estabilidad y rigidez al soporte inestable y las siguientes capas reforzaban y proporcionaban volumen, y compactaban la cascarilla cerámica.

El método de secado utilizado consideró en base a las características particulares del soporte utilizado. En un soporte rígido, el tiempo de secado variaba respecto de un soporte flexible, se pudo conformar la cascarilla cerámica más rápidamente en un soporte rígido. En el soporte rígido, dependiendo de su forma, se aplicó la papilla cerámica interior o exteriormente. Al aplicar la papilla cerámica en el interior de materiales vegetales se pudieron reproducir sus interiores; éstos actúan de molde y aportan el relieve de su parte interior.

#### Valoraciones y conclusiones

Los soportes vegetales pueden ser recubiertos correctamente con cascarilla cerámica obteniendo resultado escultórico (tabla III.34.).

### III.2.3.6. SOPORTE DE PLÁSTICO

#### Objetivo

Determinar si el plástico podía utilizarse como soporte de la cascarilla cerámica y ser eliminado con la cascarilla cerámica en crudo.

#### Procedimiento

No es recomendable usar plásticos para su combustión ya que genera problemáticas ambientales, por esta razón se han limitado y eliminado de este proyecto aquellas experiencias que impliquen algún riesgo al respecto. Sin embargo, resultó interesante constatar la reacción de la papilla sobre éstos y la textura que reproducía en negativo.

En este ensayo se han empleado distintos tipos de plástico: poliestireno y polietileno.

Sobre este se conformó la cascarilla cerámica empleando cinco capas de papilla de composición 35/65% alternada con cinco capas de rebozado con grano de Moloquita 50-80dd. (Fig. III.37.). Empleando este tipo de tapilla (35/65%) no hizo falta aplicar anteriormente goma laca, como se averiguó en el ensayo anterior (III.1.1.1. Resultado de la aplicación de la papilla sobre los materiales sin tensoactivo. p. 203), además empleando el plástico como soporte no fue necesario someterlo a cocción para eliminarlo (III.2.2.1. Resultados de la aplicación de películas de plástico como separador para desmoldeado de la cascarilla cerámica. p. 232).

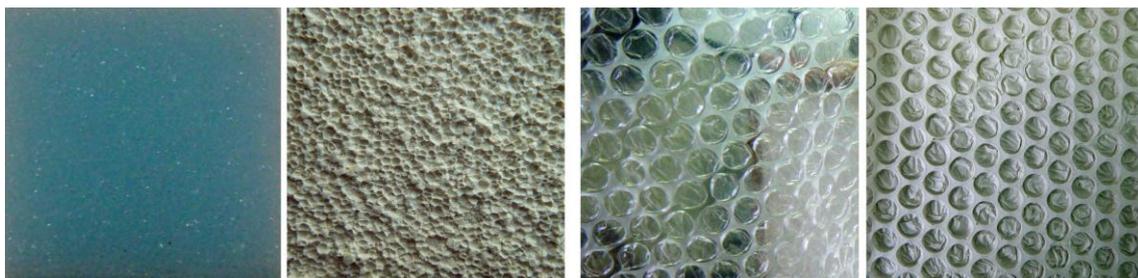


Figura III.37. Imágenes de distintos soportes plásticos y su reproducción. De izquierda a derecha: Polietileno (esponja), Polietileno (burbujas de plástico).

### Resultado de la eliminación del plástico sin cocción

Material soporte	Plástico		
	Poliestireno expandido (porexpan),	Polietileno (esponja)	Polietileno (burbujas de plástico).
Tensoactivo	Sin	Sin	Sin
Adherencia de la papilla	Sí	Sí	Sí
Recubrimiento	Correcto	Correcto	Correcto
Comportamiento durante el secado	Rápido soporte rígido	Rápido soporte rígido	Lento soporte flexible
Desmoldea en crudo	Sí	Sí	Sí
Calidad del registro	Registra correctamente	Registra correctamente	Registra correctamente

Tabla III.35. Tabla de resultados.

En los resultados se observó la calidad de registro de la cascarilla cerámica. Los plásticos no llegaron a adherirse a la papilla, permitiendo desmoldear en frío. Dependiendo de la constancia del plástico (flexible o rígido) varió el tiempo de secado de la papilla;

- Plástico rígido; el procedimiento de formación de la cascarilla cerámica fue más rápido.
- Plástico flexible (Polietileno, burbujas de plástico); el tiempo de conformación de la cascarilla cerámica fue más prolongado.

El uso de los plásticos puede abrir múltiples posibilidades como se verá en capítulos posteriores, se puede cortar y unir mediante calor, cola de contacto o pistola de silicona caliente, para conformar un soporte más laborioso articulado.



Figura III.38. Poliestireno expandido (*porexpan*).

#### Valoración y conclusión

Los plásticos son apropiados como material de soporte, los soportes plásticos pueden ser empleados como soporte y ser eliminados en crudo sin necesidad de aplicarles la cocción (tabla III.35.).

#### III.2.3.6.1. SOPORTE DE POLIESTIRENO

Con el poliestireno se pueden conseguir distintas formas del modelo a través de su talla, que luego se recubre con cascarilla cerámica. Se utiliza un bloque de poliestireno, material que se encuentran en bloque y que puede derretirse con una fuente de calor.

Con la experiencia de fundición ya se ha determinado que el poliestireno puede ser empleado como soporte, de hecho el doctor Valle en su artículo<sup>121</sup> comenta:

<sup>121</sup> Valle Martín J. (2007) *Propuesta de adaptación del sistema de cascarilla a la cocción gradual realizada con horno eléctrico de descerado..* En VV.AA.: La fundición artística en la universidad española: la investigación, año 2006. Valencia Ed. Grupo de Investigación Nuevos Procedimientos Escultóricos (p.143)

*El poliestireno, como hemos podido observar en múltiples ocasiones, se contrae en cuanto recibe calor suficiente, deformándose hacia el interior*

### Objetivo

Ratificar si este material se contraía durante la cocción y no afectaba la estructura de la cascarilla cerámica.

### Procedimiento

El procedimiento consistió en labrar el bloque sacando la materia superflua, hasta conseguir una forma aproximada y no definitiva de la pieza deseada. Las herramientas que se pueden utilizar para sustraer el material pueden ser sierras, cepillos metálicos o escofinas. Para obtener una superficie lisa se pueden utilizar diferentes tipos de papel de lija (Fig. III.39. nº1).

Se aplicó la papilla sobre ésta, de composición 35/65%. El conjunto se coció a una temperatura de 750°C (Fig. III.39. nº2).

### Resultado



Figura III.39. Soporte hecho de poliestireno.

Una de las ventajas de utilizar este tipo de material es que permite trabajarlo de manera rápida, y su liviandad, lo cual facilita la manipulación de la pieza durante la aplicación de la papilla.

Al aplicar la papilla sobre el soporte, se incrementó el volumen sobre el soporte por lo que el resultado tuvo dimensiones mayores que el soporte.

Material soporte	Soporte hecho de poliestireno
Tapaporo	No hace falta si se emplea papilla 35/65% , si no goma laca
Adherencia de la papilla	Sí
Recubrimiento	Correcto
Comportamiento durante el secado	Deja la cascarilla cerámica intacta
Desmoldea en crudo	En este caso el material esta atrapado en el interior de la cascarilla cerámica
Residuos de cocción	No
Se deteriora con la cocción	No afecta la estructura de la cascarilla cerámica
Desmoldea tras la cocción	Correcta
Calidad del registro	Registra correctamente

Tabla III.36. Tabla de resultados.

### Valoración y conclusión

Una vez cocido se observa que el poliestireno no afecta la estructura de la cascarilla cerámica durante su combustión, y una vez quemado el material, se obtiene una pieza hueca en el interior (tabla III.36.).

### III.2.3.7. SOPORTES TEXTILES

#### Objetivo

Determinar si los materiales textiles podían utilizarse como soporte de la cascarilla cerámica.

#### Procedimiento

El procedimiento consistió en usar tejidos con distintas tramas y tamaños como soporte para aplicarles la papilla.

Para conseguir la rigidez del material se almidonó previamente el tejido y se aplicó mucha goma laca para que éste no absorbiera el líquido de la papilla.

Para la conformación de la cascarilla cerámica sobre estos soportes se empleó una papilla de composición 40/60% aplicada cinco veces alternando con el rebozado de grano de Moloquita 50-80dd.

Una vez conformada la cascarilla cerámica sobre estos soportes se procedió a la cocción (750°C).

#### Resultado

Material soporte	Tejidos y ropa
Tapaporo para el separador	Goma laca, para aislar y endurecer
Adherencia de la papilla	Sí
Recubrimiento	Correcto
Comportamiento durante el secado	Prolongado en las primera dos capas de papilla
Desmoldea en crudo	No
Residuos de cocción	Sí
Se deteriora con la cocción	No afecta la estructura de la cascarilla cerámica
Desmoldea tras la cocción,	Correcta
Calidad del registro	Registra correctamente

Tabla III.37. Tabla de resultados.



Figura III.40. Reproducción de distintos tipos de tela. De izquierda a derecha: tela de algodón tipo tejano, pañuelo de algodón, interior de un trapo.

Los componentes de la cascarilla cerámica se adaptaron a todo tipo de materiales, como también a distintos tipos de tejidos. No obstante, éstos presentaron algunas dificultades a tener en cuenta:

- Los tejidos no son materiales rígidos, por lo que con la aplicación sólo de goma laca no se logró una rigidez suficiente para soportar el peso de la papilla.

- Con la aplicación de la papilla estos materiales no se secaron rápidamente debido a que absorbieron agua contenida en la papilla, prolongándose el tiempo de secado requerido más de 24h, sobre todo para la primera capa de papilla.
- Si la trama era abierta no se conseguía su reproducción, porque la papilla atravesaba el tejido hasta ocupar su otra cara, afectando el registro.

Puesto que sólo fue factible recubrir el exterior del tejido, la trama quedó reproducida en la cara interior de la cascarilla cerámica. Es decir, el resultado final fue una cara texturada por el tejido del cual reprodujo la forma, y una exterior que mantuvo la textura propia de la cascarilla cerámica rebozada (Fig. III.40).

#### **Valoración y conclusión**

Los tejidos son aptos como soporte para la cascarilla cerámica aunque conviene rigidizarlos previamente (tabla III.37.).

## III.3. PROCEDIMIENTOS ADITIVOS. VACIADO CON CACARILLA CERÁMICA

El molde es un negativo que se origina a partir de un modelo original o patrón y se utilizan para obtener réplicas formales o copias de este patrón.

El vaciado es el proceso que permite reproducir la forma de este patrón mediante la utilización de moldes. La operación de vaciado consiste en la introducción de un material líquido o pastoso en un molde, y una vez solidificado este material, se procede a la retirada del molde, quedando conformada una pieza sólida. Dicho objeto reproduce la forma del patrón, aportada en negativo, por el molde. Las copias obtenidas mediante el vaciado pueden ser huecas o macizas.

En este apartado se ha pretendido averiguar si la cascarilla cerámica podía utilizarse para obtener vaciados de moldes tradicionales (escayola y silicona) y si se podían vaciar moldes prefabricados u objetos encontrados, que actuaran como molde.

ADVERTENCIA: Dado que en ocasiones el soporte utilizado, tanto se puede considerar un positivo a moldear, como un negativo a vaciar, se observan aspectos comunes entre este apartado y el de moldeado.

### Objetivo

Experimentar los procedimientos de vaciado utilizando como material de positivado la cascarilla cerámica.

### Materiales

En este apartado se han experimentado distintos tipos de moldes realizados con diversos materiales.

### Procedimiento

En cada tipo de molde se estudió el comportamiento de la aplicación de la papilla o de la cascarilla cerámica y al mismo tiempo se observó cómo la papilla reaccionaba sobre estos materiales durante su aplicación, su secado y en algún caso durante su cocción.

Para las experiencias se utilizaron tres tipos de molde:

- Molde perdido, con el que se puede editar una pieza una sola vez. Se presentan molde hecho mediante material combustible y molde hecho mediante escayola.
- Molde flexible que permite editar una pieza más veces. Se presenta sólo molde de silicona.
- Encofrado con distintos materiales.

En las pruebas realizadas se tuvo en consideración: el comportamiento durante la aplicación de la papilla y el resto del recubrimiento; el comportamiento durante el secado; el desmoldeado en crudo; el comportamiento durante la cocción, los residuos generados por el material del molde, el desmoldeado tras la cocción.

### III.3.1. VACIADO A PARTIR DEL MOLDE PERDIDO DE ESCAYOLA

El procedimiento del molde perdido de escayola se inicia al realizar una escultura en barro, plastilina, u otro material blando. Este modelo de barro se recubre con un molde, generalmente de yeso, creado con dos piezas o más, dependiendo de la complejidad del modelo, para que de esta forma se pueda abrir el molde y retirar el barro que está en su interior de manera que el molde no se vea afectado al eliminar material blando del modelo.

Tras este paso se procede a iniciar el proceso de vaciado rellenando el molde con alguno de los materiales que puedan solidificarse: yeso, cemento, resina, etc. Una vez que el material se endurece en el interior, hay que retirar el molde, para ello se destruye con un cincel y martillo, liberando de esta manera la pieza definitiva.

El molde perdido produce por tanto una única copia, considerada original.

#### **Objetivo**

Comprobar si un molde de escayola era apto para conformar piezas de cascarilla cerámica.

#### **Procedimiento**

Se realizó un molde de escayola a partir de un modelo previo.

Se selló el poro del molde de escayola con goma laca.

Se coció el conjunto formado por el molde de escayola y el recubrimiento interno de cascarilla cerámica.

### **III.3.1.1. LA GOMA LACA COMO TAPAPORO Y DESMOLDEANTE PARA EL ESCAYOLA**

En el apartado de los desmoldeantes, se ensayó la escayola como soporte, comprobando que la goma laca actuaba sobre la escayola como tapaporo y desmoldeante, consiguiendo que la papilla no se adheriera sobre el yeso, evitando de esta manera la pérdida de la textura o la rotura de la pieza.

Con la aplicación de la goma laca sobre la escayola se logró:

- tapar el poro e impermeabilizar la escayola.
- crear una película de desmoldeante.

Al aplicar goma laca se pudo detectar si el molde estaba saturado, debido a su color amarillo que tiñe el molde. Si el molde tenía un color amarillo pálido necesitaba más goma laca, y si tenía un color amarillo oscuro, era un indicativo de que estaba saturado y se corría el riesgo de que la goma laca se separase del molde.

Para obtener un recubrimiento idóneo de la goma laca sobre el soporte fue necesario repetir la aplicación hasta que el molde quedase saturado (dependiendo del porcentaje de goma laca en el alcohol), consiguiendo así cerrar todos los poros. Como máximo se aplicaron 2-3 capas (también dependiendo del estado del molde), pues una aplicación excesiva formaba una película sobre el molde que hacía que se perdiese la textura de éste.

### **III.3.1.2. PRUEBA PREVIA DE COCCIÓN DE LA ESCAYOLA RECUBIERTA CON CASCARILLA CERÁMICA**

#### **Objetivo**

Establecer a que temperatura se había de realizar la cocción necesaria para retirar con comodidad el molde escayola y conseguir así liberar de su interior la pieza hecha de cascarilla cerámica.

#### **Procedimiento**

En este ensayo se realizaron moldes de escayola con una superficie texturada de 5x15x15cm. Estos moldes se sellaron con goma laca y luego se aplicó el recubrimiento de cascarilla cerámica con cinco capas de papilla 35/65%, alternando con cinco capas de rebozado de grano de Moloquita 50-80dd.

Se realizaron pruebas de cocción con distintos moldes. Temperaturas de cocción aplicadas: 500°C, 750°C, 850°C y 1000°C.



Foto III.41. Escayola de color violeta resultante de la cocción a 500°C.

### Resultado

Material soporte	Escayola			
Tapaporo para el separador	Goma laca, para aislar y endurecer			
Temperatura de cocción	500°C	750°C	875°C	1000°C
Deshidratación	No completa	Sí	Sí	Sí
Desmoldea tras la cocción	No	Sí	Sí	Sí
Comportamiento tras la cocción	Remane adherida	Se separa	Se separa	Se separa
Calidad del registro	No apta	Buena	Buena	Buena

Tabla III.38. Tabla de resultados.

A 500°C el resultado presentaba un craquelado suave sobre el molde de escayola, sobre todo en la parte de contacto con la cascarilla cerámica. Se observó que a esta temperatura, en la parte de contacto con la cascarilla cerámica, la escayola había adquirido un color violeta pálido, (Fig. III.41). A esta temperatura de cocción no se consiguió debilitar suficientemente la consistencia de la escayola, por lo que al separarla de la cascarilla cerámica provocaba roturas de ésta.

A 750°C resultó ser una temperatura adecuada para debilitar la consistencia de la escayola, la escayola de este modo se deshidrató y presentaba sobre su superficie muchas grietas, muy marcadas, lo que facilitó el desmoldado de ésta.

Aumentando más el grado de cocción a 850°C y a 1000°C se consiguió un debilitamiento mayor de la escayola, respecto a 750°C, aunque la resistencia durante la retirada del molde resultó parecida (tabla III.38.).

### Valoración y conclusión

Se puede concluir que 750°C es una temperatura de cocción favorable para poder disgregar la escayola con facilidad.

### III.3.1.3. EXPERIENCIA DE REALIZACIÓN DE UNA ESCULTURA DE CASCARILLA CERÁMICA MEDIANTE EL MOLDE DE ESCAYOLA

Establecido anteriormente que la goma laca actuaba de tapaporo y desmoldeante, y que cociendo la escayola a 750°C se conseguía deshidratarla liberando la cascarilla cerámica, se procedió a verificar la viabilidad de realización de una pieza de cascarilla cerámica mediante molde de escayola.

### Objetivo

Comprobar la posibilidad de realizar una pieza en cascarilla cerámica con el molde de escayola, estableciendo el procedimiento de realización de la cascarilla cerámica con este tipo de molde.

### Material empleado

Se empleó como modelo para este ensayo el fruto del árbol *Maclura Pomifera* o naranjo de Luisiana (Fig. III.42.parte superior) Este fruto de forma casi redonda tiene aproximadamente un tamaño de 8x10x7cm. Este fruto tiene una superficie muy texturada. Se eligió por su textura con el fin de averiguar si se conseguía reproducir fielmente en cascarilla cerámica la textura.

Se emplearon dos tipos de papilla: una para recubrir el molde de escayola, composición de 35/65% y otra composición de 40/60%, para verter en el molde y sellar la unión de las dos partes.



Foto III.42. Fruto del árbol *Maclura Pomifera* (fotos de arriba), reproducción de este fruto mediante molde de escayola (fotos de abajo).

### Procedimiento

Se reprodujo mediante molde escayola de dos piezas, registrando en negativo la forma y la textura del fruto del árbol *Maclura Pomifera*. Tras realizar el molde formado de dos partes (Fig. III.42.), se aplicó una capa de goma laca sobre la superficie y seguidamente se procedió a aplicar la cascarilla cerámica.

Se procedió de la siguiente manera:

- Se aplicó la papilla con pincel en las piezas separadas del molde; también en este caso, cada capa de papilla se acompañó con el rebozado. Al igual que cuando se utilizan otros moldes, se evitó que la papilla sobrepasase el límite de la pieza, ya que en caso contrario no se consigue encajar las dos partes del molde, alterando la forma del original. Para limpiar los bordes de las dos mitades del excedente de papilla seca se usó una herramienta con filo (Fig. III.43.).
- Una vez conformada la cascarilla cerámica, se unieron las partes. Para impedir el movimiento entre ellas, se aplicó escayola en el exterior de la unión de las piezas.
- Finalmente se vertió en el interior de la junta una papilla más líquida que penetró entre la separación de las piezas de cascarilla cerámica. Se añadió también rebozado (Fig. III.44.).



Foto III.43. Conformación de la cascarilla cerámica en el molde de escayola.



Foto III.44. Vertido de la papilla y rebozado para unir las dos piezas en cascarilla cerámica.

Una vez acabado el procedimiento de aplicación de la cascarilla cerámica, se introdujo el conjunto en el horno a una temperatura de 750°C; de esta manera al deshidratarse el molde de yeso, éste se agrietó y debilitó, facilitando su extracción al desmoronarse. Se liberó la pieza de cascarilla cerámica que estaba en el interior con facilidad y sin necesidad de utilizar cincel o martillo (Fig. III.45.).



Foto III.45. Descascarillado de la escayola ya deshidratada.

Una vez liberada la pieza se procedió a su acabado: se eliminaron las rebabas con la ayuda de herramientas como alicates, cutter, papel de lija, etc., y se añadió papilla con una espátula en las partes en que era necesario restaurar la forma, rectificando finalmente con papel de lija.

### Resultado



Foto III.46. Reproducción del fruto mediante molde de escayola.

Material soporte	Escayola
Tapaporo para el separador	Goma laca, para aislar
Adherencia de la papilla	Sí
Recubrimiento	Correcto
Comportamiento durante el secado	Rápido
Desmoldea tras la cocción	Correcta
Calidad del registro	Registra correctamente

Tabla III.39. Tabla de resultados.

La reproducción en cascarilla cerámica del fruto fue fiel al original, no sufrió ninguna deformación ni alteración apreciable de dimensiones (tabla III.39.).



Foto III.47. Texturas del fruto y de la reproducción de cascarilla cerámica.

La cascarilla cerámica reprodujo fielmente el interior del molde. En la imagen III.47 se puede observar la calidad del registro y la similitud de la textura con el original. La rebaba que se había formado era la unión de las junturas del molde, la cual se eliminó fácilmente con herramientas de corte y abrasivas.

### Conclusión

Utilizando moldes de piezas de escayola se consigue reproducir la forma y la textura de un objeto en cascarilla cerámica tras someter molde y pieza de cascarilla cerámica a cocción.

### III.3.1.4. VARIANTES DE LA CONFORMACIÓN DE LA CASCARILLA CERÁMICA EN EL MOLDE DE ESCAYOLA

Se han experimentado otros métodos para proceder a la conformación de la cascarilla cerámica en el molde. Con una primera variante de procedimiento se conformó la cascarilla cerámica como en el anterior, se aplicó la papilla con pincel en las piezas separadas del molde. Una vez conformada la cascarilla cerámica en este molde, éste se unió y si tenía una apertura suficientemente grande (boca de vertido o bebedero), se sellaba la hendidura entre las dos mitades de la cascarilla cerámica con plastilina para evitar las rebabas o minimizar la marca de la unión (Fig. III. 48.).



Figura III.48. Izquierda: aplicación de la plastilina en la hendidura del molde. Derecha: aplicación de la papilla en la hendidura.

En otra variante se unieron todas las piezas del molde y se vertió en su interior (bien rellenándolo completamente o sólo hasta la cuarta parte, según se explica en el apartado de vaciado III. 3.4.2. p. 263) una papilla de consistencia semidensa (40/60%), esperando dos minutos antes de vaciarlo e introducir el rebozado. La aplicación se repitió hasta lograr el espesor deseado de la cascarilla cerámica. El tiempo de secado de cada capa fue más largo dado que molde cerrado no permitía una aeración en el interior. Cada capa de papilla tuvo un tiempo de secado de 2-3 horas.

### III.3.2. VACIADO A PARTIR DE UN MOLDE PERDIDO CON MEZCLA DE YESO Y CHAMOTA

En fundición, tradicionalmente, se utiliza un molde de escayola y chamota o arena (hecho sobre un modelo de cera). Una vez conformado el molde alrededor de la cera, el paso siguiente consiste en realizar la cocción de este molde, en la que en primer lugar se licua la cera (cera perdida), luego se deshidrata la pasta refractaria del molde y finalmente se queman las ceras líquidas que impregnaban la pasta del molde. El resultado es un molde hueco, con un vacío interior, llamado cámara, que tiene la misma forma, pero en negativo, que el modelo original de cera.

El molde que se otorga con la cocción es frágil y se desmorona al tocarlo pero resistente a la presión del metal que se vierte en su interior.

Una vez que el metal líquido se ha solidificado se rompe el molde liberando la pieza hecha en metal.

#### Objetivo

Se pretendía averiguar la reacción que tendría este molde con la aplicación de la papilla de cascarilla cerámica en su interior en lugar de un metal líquido. Sin embargo, se tuvo que adaptar la técnica.

#### Procedimiento

Se planteó un molde en dos partes hecho a partir de un modelo de barro que se extrae en frío (Fig. III.49. imágenes 1 y 2). A continuación se aplicó goma laca en la superficie de molde. Luego se aplicó la papilla de composición 35/65% en el molde separado mediante pincel. Una vez conformada la cascarilla cerámica en las dos mitades del molde se unieron y se vertió en el interior de la junta del molde una papilla más líquida (40/60%) que penetró entre la separación de las piezas de cascarilla cerámica. Se añadió también rebozado de Moloquita 50-80dd. Finalmente se vertió en el interior de la junta una papilla más líquida que penetrase entre la separación de las piezas de cascarilla cerámica. Se añadió también rebozado para parar el flujo de la papilla líquida. Una vez acabado el procedimiento de aplicación de la cascarilla cerámica, se introdujo el conjunto en el horno a una temperatura de 750°C; de esta manera se deshidrató el molde de yeso y escayola (Fig. III. 49. Imagen 3).



Figura III.49. Molde de fundición, con pieza en cascarilla cerámica.



Figura III.50. Resultado.

### Resultado

Material soporte	Molde de yeso y chamota
Tapaporo para el separador	Goma laca, para aislar
Adherencia de la papilla	Sí
Recubrimiento	Correcto
Comportamiento durante el secado	Rápido 15 minutos
Desmoldea tras la cocción	Correcta
Calidad del registro	Pérdida de registro de la cascarilla cerámica.

Tabla III.40. Tabla de resultados.

El procedimiento de realización y de cocción es parecido al caso de la utilización de molde de escayola. Sin embargo, la diferencia entre estos dos moldes es que el molde de fundición (yeso y chamota) cuando se extrae el modelo de barro, al limpiar el interior, se va perdiendo paulatinamente la fidelidad del registro, lo que no ocurre con un molde de escayola.

Cabe destacar también que después de la cocción, éste se abrió más rápidamente respecto al molde de escayola. Con este molde se obtuvo un resultado final de la textura diferente de modelo original.

Además, la chamota que forma el molde afectó y alteró la coloración de la cascarilla cerámica, se consiguió un color más marrón, como el color de la chamota (Fig. III.50.).

### Valoración y conclusión

Los resultados obtenidos no tienen una calidad de registro tan buena como los obtenidos utilizando moldes de escayola (tabla III.50.).

## III.3.3. VACIADO A PARTIR DE MOLDES FLEXIBLES

Mediante molde flexible, la papilla se aplicó en el interior de éste y el crecimiento del grosor de la cascarilla cerámica fue de fuera hacia dentro, pues el aumento de volumen de la cascarilla cerámica está en el interior del molde. El resultado fue una pieza de cascarilla cerámica que en el exterior reproducía la textura interior del molde y en el interior la textura del rebozado.

Con los moldes flexibles se pudo desmoldear la cascarilla cerámica, una vez que estuvo seca y cruda, y por lo tanto se pudo reutilizar este molde más veces.

### III.3.3.1. VACIADO A PARTIR DE MOLDES FLEXIBLES PREFABRICADOS

Como se comprobó anteriormente se pueden emplear como soporte distintas tipologías de materiales combustibles, destruidos mediante la cocción.

Existe también la posibilidad de utilizar otros materiales que permitan desmoldear sin necesidad de combustión, con la posibilidad de reutilizarlos, como los plásticos.

#### Objetivo

Experimentar el vaciado de un soporte flexible de plástico preconformado.

#### Materiales

En este ensayo se utilizó una bandeja de plástico (un envase para alimentos).

Se empleó una papilla de composición 35/65% alternada con el rebozado de grano de Moloquita 50-80dd. Se aplicaron 3 o 4 capas.

#### Procedimiento

Consistió en editar con este soporte flexible un número elevado de reproducciones, en este caso esferas, hasta que este soporte se desgastó y rompió. Se procedió a aplicar jabón en cada molde semiesférico del soporte flexible para conseguir un desmoldeado eficaz.

A continuación, se conformó la cascarilla cerámica en el interior de este molde, se secó y se desmoldearon las semiesferas obtenidas (Fig. III.51.).

#### Resultados



Figura III.51. Envase para alimentos.

Material soporte	Envase de plástico
Desmoldeante	Jabón
Adherencia de la papilla	Sí
Recubrimiento	Correcto
Comportamiento durante el secado	Rápido
Desmoldea en crudo	Sí, rápido
Calidad del registro	Registra correctamente
Durabilidad del soporte	Elevado más de 15 veces

Tabla III.41. Tabla de resultados.

El uso del jabón permitió desmoldear la cascarilla cerámica antes incluso de un secado completo, con riesgo de rotura de la cascarilla cerámica y pérdida de registro. La flexibilidad del molde permitió además extraer las piezas de su interior sin que se rompiesen y reutilizarlo.

El material plástico flexible expulsó la papilla seca sin dificultad. Como resultado se obtuvieron pequeñas semiesferas de cascarilla cerámica. La cascarilla cerámica cuando estuvo bien seca,

se separó instantáneamente del plástico. La superficie de la cascarilla cerámica que estaba en contacto con el plástico consiguió tener una superficie lisa y traslúcida. Con un soporte de plástico flexible fue posible editar un número elevado de piezas.

#### Valoración y conclusión

El plástico flexible, de escaso espesor, impregnado con desmoldeante (jabón) permite un desmoldeo fácil y un uso prolongado de este (tabla III.41.).

### III.3.3.2. VACIADO A PARTIR DE MOLDES PLÁSTICOS: PLASTILINA

Se sabe que una vez conformada la cascarilla cerámica sobre el plástico, ésta cuando esta seca se separa sin ninguna dificultad y riesgo de afectar la estructura de la cascarilla cerámica.

#### Objetivo

Determinar si la plastilina<sup>122</sup> podía ser empleada como material para el molde.

#### Procedimiento

El ensayo consistió en presionar la plastilina con un modelo, imprimiendo mediante apretón su huella. Para que el modelo no se adhiriese a la plastilina, se espolvoreó previamente con talco. Se empleó, en este ensayo, una composición de papilla 35/65% alternando con el rebozado de Moloquita 50-80dd (cuatro capas de papilla y cuatro de rebozado) veces (Fig. III.52. Imágenes superiores) Una vez que la cascarilla cerámica estuvo seca se verificó si era posible desmoldear sin romper la pieza (Fig. III.52. Imágenes inferiores).

En el interior del molde de plastilina se aplicó la papilla alternada con el rebozado.

#### Resultado



Figura III.52. Procedimiento de elaboración de una pieza de cascarilla cerámica mediante molde de plastilina.

<sup>122</sup> Ruiz, M. C. (2008) Tesis: El molde de Bloque como matriz, una mirada personal al relieve en la gráfica contemporánea. Tesis de doctorado sin publicar. Universidad Politécnica de Valencia Facultad de Bellas Artes de San Carlos, Departamento de Dibujo.

Material soporte	Plastilina
Tapaporo para el separador	No hace falta si se emplea papilla 35/65% , si no goma laca
Adherencia de la papilla	Si
Recubrimiento	Correcto
Comportamiento durante el secado	Deja la cascarilla cerámica intacta
Desmoldea en crudo	Si
Calidad del registro	Registra correctamente

Tabla III.42. Tabla de resultados.

Como se puede observar en la Fig. III. 52. se obtuvieron algunas reproducciones a partir del molde-huella de plastilina.

#### Valoración y conclusión

Es posible, sobre todo, emplear como modelo objetos de pequeño tamaño sin retención ya que se separan fácilmente de la plastilina.

No se requiere la aplicación previa de un tensoactivo (goma laca o jabón) empleando una papilla densa 35/65%.

Una vez que la cascarilla cerámica está bien seca, ésta se separa sin dificultad de la plastilina obteniendo una reproducción fiel al objeto original.

Entendemos pues que la plastilina, además de poderla emplear como molde, también se puede usar como soporte o patrón (tabla III.42.).

### III.3.4. VACIADOS A PARTIR DE MOLDES DE SILICONA

El molde de silicona es un molde flexible que permite desmoldear con facilidad garantizando la calidad de la reproducción. Con esta técnica es posible vaciar piezas complejas, editando la misma pieza numerosas veces. Se pueden conseguir piezas livianas, de espesor fino, como con otros tipos de molde.

Habitualmente no se utiliza el molde de silicona en la cerámica, dado que la silicona no es un material absorbente como el yeso, y en consecuencia no permite un secado rápido de materiales como el barro. Los materiales que contienen agua y solidifican por evaporación, tienen dificultades con este tipo de molde porque la silicona no absorbe el agua, sin embargo los que contienen agua y fraguan mediante una reacción química, como la escayola, no presentan estos problemas.

La cascarilla cerámica, tradicionalmente, no se ha utilizado para vaciar piezas de este material a partir de moldes de silicona, por esto fue necesario comprobar si este material se podía utilizar con este tipo de molde. Previsiblemente presentó algunas dificultades dado que el agua de las papillas se elimina por evaporación.

#### III.3.4.1. VACIADO DE CASCARILLA CERÁMICA EN HUECO A PARTIR DE UN MOLDE DE SILICONA POR PIEZAS ABIERTAS.

Cuando vaciamos un molde, la cascarilla cerámica se desarrolla en el interior del molde, y no en el exterior como sucede al recubrir un soporte. De esta manera se reproduce fielmente la forma y la textura del interior del molde, es decir la primera capa o capa de contacto, que registra en positivo con fidelidad la huella transmitida por el negativo de silicona.

##### Objetivo

Comprobar la posibilidad de realizar vaciados en hueco a partir de moldes de silicona por piezas abiertas para editar reproducciones de cascarilla cerámica.

## Procedimiento

El procedimiento consistió en emplear un molde de silicona de dos partes, se aplicó el tensoactivo<sup>123</sup> (goma laca) sobre cada una de las partes del molde de silicona para favorecer el recubrimiento con papilla y se aplicó en su interior la papilla mediante pincel en los moldes por separado. La papilla que se aplicó fue la de 40/60%. La formación de la cascarilla cerámica se consiguió por estratificación, alternando la papilla con el rebozado de grano de Moloquita 50-80dd, se aplicaron 5 capas en cada parte. Una vez conformada la cascarilla cerámica en las dos partes del molde de silicona se repasó y limpió la papilla seca de las juntas de los moldes, se retiró los excedentes que sobresalían y que impedían cerrar el molde (Fig.III.53.). A continuación se desmoldeó en crudo las dos piezas y se unieron sellando las juntas con una papilla densa 35/65%. Para valorar los resultados se tuvo en consideración el sistema de aplicación de la papilla, el tipo de recubrimiento, el secado y el desmoldeado.

## Resultados

Se utilizó el molde de una pequeña cabeza sobre una maceta de dimensiones 25x10x10cm. El tiempo de conformación de la cascarilla cerámica fue rápido, la rigidez del soporte permitió rapidez en la realización de la cascarilla cerámica. Se consiguió aplicar la papilla en ambos moldes, por separado y con rapidez, una capa cada 10 minutos utilizando un secado forzado con ventilación mecánica.



Figura III.53. Extracción de la papilla sobre el borde del molde.

Como resultado se obtuvo una reproducción a partir del molde. El desmoldeado presentó ningún inconveniente y la fidelidad de la reproducción fue la habitual obtenida a partir de los moldes de silicona (Fig. III.54.).



Figura III.54. Molde de silicona (obra de João Sánchez).

Tras la experiencia se observó que el molde de silicona cumplía determinadas características:

- El molde de silicona tenía las paredes muy finas, lo que permitió el desmoldeado sin romper la cascarilla cerámica. Un espesor mayor de la silicona rompería la cascarilla cerámica durante el desmoldeado, Fig. III.55.

---

<sup>123</sup> Se comprobó que la silicona repele la papilla, por lo que requiere la aplicación de una capa de goma laca o jabón en su superficie. Dado que la silicona no necesita desmoldeante, no se aplicó, salvo el tensoactivo previo.

- El molde de silicona estaba encajado correctamente en la madre forma lo que evitó su separación durante el desarrollo de la cascarilla cerámica. En caso contrario, esto podría haber provocado la rotura de la cascarilla cerámica. El desprendimiento del molde de silicona de la madre forma podría haber roto la cascarilla cerámica.
- En las imágenes de la Fig.III.55 se ponen de manifiesto estas observaciones, en ellas se recogen pruebas complementarias con otros moldes sobre este estudio. La rotura se hizo visible después del desmoldeado (Fig.III.55, tercera foto).



Figura III.55. De izquierda a derecha: Rotura por desmoldeado, rotura por separación de la silicona y la caja madre. (Molde de Clara Sendrera Agullo)

### Conclusiones

Es un sistema adecuado para obtener vaciados a partir de moldes de silicona, por lo tanto se puede reproducir la misma pieza en cascarilla cerámica varias veces. Los componentes que constituyen la cascarilla cerámica no afectan la silicona.

### III.3.4.2. VACIADO DE CASCARILLA CERÁMICA EN HUECO A PARTIR DE UN MOLDE DE SILICONA CERRADO.

#### Objetivo

Comprobar la posibilidad de realizar vaciados en hueco a partir de moldes de silicona cerrados para editar reproducciones de cascarilla cerámica.

#### Procedimiento

Se utilizó un molde de silicona de una pieza esférica cuyas dimensiones eran de 12cm de diámetro.

El procedimiento consistió en emplear un molde de silicona de dos partes y aplicar el tensoactivo (goma laca) sobre cada una de las partes del molde de silicona para favorecer el recubrimiento con papilla. Se unieron las dos partes y se cerró el molde. Se vertió en su interior la papilla 40/60%, rellenando completamente el molde hasta la boca de colada, para que toda la papilla cubriese la superficie interna del molde.

A continuación, se retiró el líquido y se procedió al rebozado, introduciendo desde la entrada del molde el refractario de grano de Moloquita 50-80dd. Esta operación se repitió 5 veces dejando transcurrir intervalos de secado en función de los resultados.

Una vez conformada la cascarilla cerámica se desmoldeó y se verificó su resultado.



Figura III.56. Procedimiento de vertido.

Para valorar los resultados se tuvo en consideración el sistema de aplicación de la papilla, el tipo de recubrimiento, el secado y el desmoldeado.

### Resultados



Figura III.57. Resultado de la pieza.

<b>Material del molde</b>	<b>Silicona</b>
<b>Tipo de papilla</b>	40/60
<b>Tensoactivo</b>	Goma laca
<b>Aplicación de la papilla</b>	Por vertido
<b>Adherencia de la papilla</b>	Sí
<b>Recubrimiento</b>	Correcto
<b>Comportamiento durante el secado</b>	Deja la cascarilla cerámica intacta
<b>Desmoldea en crudo</b>	Sí
<b>Calidad del registro</b>	Registra correctamente

Tabla III.43. Tabla de resultados.

Se realizaron varias tentativas, obteniendo resultados fallidos con cascarillas fragmentadas durante el desmoldeo. Finalmente, después de prolongar el secado durante 8 horas por capa, y un día completo antes del desmoldeado, se obtuvo una reproducción completa y fiel al molde como se puede observar en la Fig.III.57. Esta reproducción presentó diferencias de espesor en distintas partes de la cascarilla cerámica.

### Conclusiones

Se ha establecido que la papilla con el porcentaje de 40/60% permite vaciar moldes cerrados de silicona siempre que el proceso de secado natural sea prolongado. En este caso se experimentó con un molde de dimensiones reducidas, en otros casos con moldes de mayores dimensiones se aumentaría la dificultad de manipulación, que en todo caso se tendría que hacer mediante volteado, se requeriría una gran cantidad de material para un buen recubrimiento. El secado debería ser prolongado para evitar que la pieza se rompa durante el desmoldeado (tabla III.43.).

### III.3.4.3. VACIADO MACIZO DE CASCARILLA CERÁMICA A PARTIR DE UN MOLDE DE SILICONA CERRADO

#### Objetivo

Comprobar la posibilidad de realizar vaciados macizos a partir de moldes de silicona cerrados para editar reproducciones de cascarilla cerámica.

#### Procedimiento

Se utilizó un molde de silicona, reproduciendo la forma en negativo de una concha de mar. Su tamaño es de 10,8x37,5cm, con un grosor mínimo de 1,7mm y un grosor máximo de 4,5cm.

El procedimiento consistió en emplear un molde de silicona de dos partes y aplicar el tensoactivo (goma laca) sobre cada una de las partes del molde de silicona para favorecer el recubrimiento con papilla.

Se unieron las dos partes y se cerró el molde. Se vertió en su interior solamente papilla 40/60%, rellenando completamente el molde hasta la boca de colada, para que toda la papilla cubriese la superficie interna del molde.

### Resultados

Papilla porcentaje 40/60%	Peso utilizado de material (g)	
	PW 50	Moloquita -200
1º relleno	960	1.440
2º relleno	105	180
<b>Total</b>	1.065	1.620

Tabla III.44. Cantidades de papilla aportada en cada operación de relleno del molde de silicona.

Para rellenar completamente el molde se usó en total 2,685 kg de papilla (sílice coloidal PW 50 y Moloquita -200), según la tabla. III. 44.

En un primer vertido se comprobó que los elementos que componen la papilla se separaban con el tiempo. La Moloquita -200 precipitó y se depositó en la base del molde quedando la sílice en suspensión y evaporándose parte del agua de la mezcla, con la consiguiente falta de material en el molde, lo cual implicó realizar otro vertido para añadir papilla.

El tiempo de secado transcurrido hasta el desmoldeado fue de 25 días. Al desmoldear la primera cara, se detectaron muchas grietas sobre la superficie de la cascarilla cerámica, advirtiéndose la falta de material en la parte superior de la pieza. Durante la separación de la segunda parte del molde, la pieza se desmoronó en muchos pedazos (Fig. III.58.).

Material del molde	Silicona
Tensoactivo	Goma laca
Aplicación de la papilla	Por vertido
Tipo de papilla	40/60%
Relleno	Relleno por etapas del molde
Comportamiento durante el secado	Secado prolongado, 25 días Se produce precipitado de los materiales más densos y agrietamiento.
Desmoldea en crudo	Se rompe al desmoldear
Calidad del registro	Pérdida de registro

Tabla III.45. Tabla de resultados.



Foto III.58. Vaciado macizo de molde de silicona por colada (este molde fue realizado por el alumno Guillem Rosselló Pol).

### Conclusiones

No es recomendable la reproducción con esta papilla sola, atendiendo a los resultados obtenidos en el apartado sobre encofrados III.3.5.2., p. 268. Se deduce que la adición de grano a la papilla permite obtener reproducciones menos carteadas (tabla III.45.).

### III.3.4.4. VACIADO POR APRETÓN

#### Objetivo

Experimentar un vaciado por apretón utilizando los materiales de la cascarilla cerámica.

#### Procedimiento

El empaste que se empleó estaba constituido por 30% de sílice coloidal y 70% de Moloquita - 200 (en peso).

Este empaste se aplicó manualmente en un molde de silicona abierto (Fig. III.59. Imágenes superiores).



Figura III.59. Procedimiento de apretón utilizando un molde de silicona.

<b>Material del molde</b>	<b>Silicona</b>
<b>Tensoactivo</b>	Goma laca
<b>Aplicación de la papilla</b>	Por apretón
<b>Tipo de papilla</b>	30/70%
<b>Comportamiento durante el secado</b>	Secado prolongado e irregular debido a la conformación de distinto espesor
<b>Desmoldea en crudo</b>	Sí
<b>Espesor de la cascarilla cerámica</b>	Irregular debido al deslizamiento del empaste desde la pared vertical
<b>Calidad del registro</b>	Pérdida de registro y presencia de grieta que se ha producido sobre todo en la pared fina
<b>Resultado</b>	No apto

Tabla III.46. Tabla de resultados.

El empaste aplicado en el molde de silicona carecía de la consistencia necesaria y se deslizaba por la pared vertical hasta las concavidades del centro del molde, lo que generó diferencias de espesor de la pieza obtenida. Durante el secado esta pasta se decantó y se verificó una leve separación entre la sílice coloidal y la Moloquita; y en las zonas donde la cáscara era fina, porque el material se había deslizado, aparecieron grietas. El empaste de papilla no se registró correctamente, además sobre la superficie de la escultura hecha con empaste se produjeron pequeñas burbujas de aire atrapadas en el empaste (Fig. III.59. Imágenes inferiores).

#### **Valoración y conclusión.**

El sistema de apretón no es un sistema adecuado con la pasta experimentada (tabla III.46.).

### **III.3.5. VACIADO A PARTIR DE ENCOFRADOS**

El encofrado es el sistema de moldes que se utilizan para dar forma al hormigón u otros materiales. El procedimiento habitual del encofrado consiste en: primero construir el molde mediante chapas de madera o hierro, segundo, rellenar el interior con material en estado fluido hasta que éste alcance su secado, y finalmente, una vez que el material está consolidado, se desmoldea del encofrado.

#### **Objetivo**

Comprobar si el procedimiento del encofrado permitía realizar piezas de cascarilla cerámica por estratificado de capas y por colada. Se plantearon diferentes tipos de encofrado: encofrado reutilizable conglomerado y encofrado de cera no reutilizable.

#### **III.3.5.1. VACIADO A PARTIR DE ENCOFRADOS DE CONGLOMERADO PLASTIFICADO**

#### **Objetivo**

Comprobar si el procedimiento del encofrado permitía realizar piezas de cascarilla cerámica por estratificado de capas experimentando un encofrado realizado con conglomerado revestido de materiales plásticos, experimentando si el procedimiento del encofrado permitía obtener una pieza de cascarilla cerámica en crudo.

#### **Materiales empleados**

Para este ensayo se empleó para el encofrado conglomerado plastificado. Para la conformación de la cascarilla cerámica se emplearon cuatro capas de papilla 35/65%, alternada con cuatro capas de rebozado de Moloquita 50-80dd.

#### **Procedimiento**

Se realizaron 4 encofrados de forma cúbica de dimensión 10x10x10cm. Una vez aplicada la cascarilla cerámica y secada se procedió al desmoldeado comprobando que este material no afectaba la cascarilla cerámica aún cruda (Fig. III.60.).

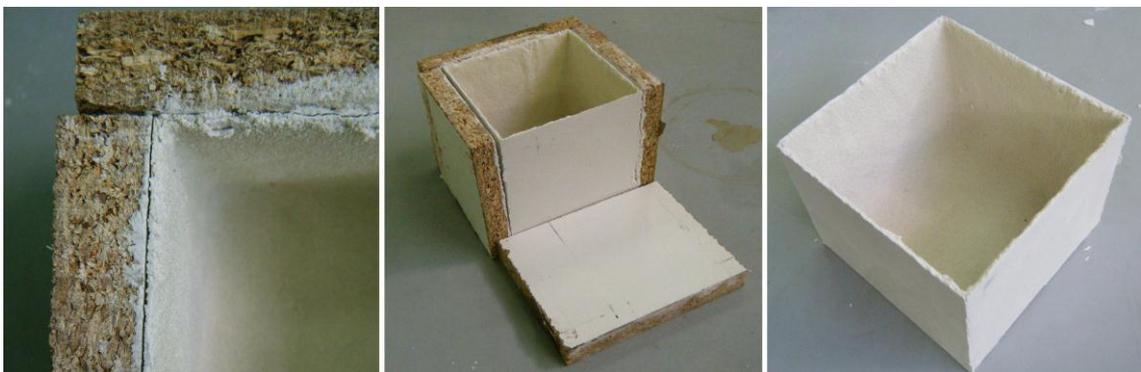


Figura. III.60. Realización del cubo de cascarilla cerámica mediante encofrado hecho con contrachapado.

Encofrado	Conglomerado plastificado
Tensoactivo	Sin
Adherencia de la papilla	Sí
Recubrimiento	Correcto
Comportamiento durante el secado	Rápido
Desmolda ante de la cocción	Sí, antes que está bien seca
Calidad del registro	Bueno

Tabla III.47. Tabla de resultados.

### Resultados

El procedimiento del encofrado permitió realizar una pieza de cascarilla cerámica en crudo.

Se desmoldeó rápidamente, incluso antes de que la cascarilla cerámica estuviera bien seca. La calidad de registro fue buena en ambos materiales.

El encofrado es reutilizable (tabla III.47.).

### III.3.5.2. VACIADO A PARTIR DE UN ENCOFRADO DE PLACAS DE CERA

#### Objetivo

Comprobar si el procedimiento del encofrado permitía realizar piezas de cascarilla cerámica por estratificado de capas y por colada, realizando en ambos casos un bloque macizo de cascarilla cerámica.

#### Materiales

Encofrado con placas de cera y composición de papilla densa 35/65%.

#### Procedimiento

Se realizaron tres pruebas distintas, con encofrados cúbicos de cera de 10x10x10cm, cada uno de estos encofrados se rellenó de manera distinta, y finalmente se eliminó el encofrado mediante cocción a 750°C.

- Prueba A.- El primer encofrado de cera se rellenó por vertido, sólo de papilla compuesto de PW 50 al 35% y Moloquita -200 al 65% (Fig. III.61.).
- Prueba B.- El segundo encofrado se rellenó por vertido, con papilla (sílice coloidal y Moloquita -200) que en su mezcla contenía también la Moloquita 50-80dd
- Prueba C.- El tercer encofrado se realizó por estratificado, aplicando capas sucesivas, utilizando papilla 35/65% rebozada con grano de Moloquita 50-80dd.

#### Resultados



Figura III.61. Procedimiento de rellenado del cubo de cera.

En la prueba A se usó para rellenar el cubo de cera, 1900g de papilla. Combinado de: sílice 665g y de Moloquita-200 1235g.

En la prueba B se utilizó compuesto de PW 50 al 30%, la Moloquita -200 al 55% y Moloquita 50-80dd al 15%. Se usó, para rellenar este cubo, 1840g de materiales, dividido en 560g de PW 50, 960g de Moloquita-200 y 320g de Moloquita 50-80dd.

En la prueba C compuesto por capas de papilla 35/65%. Para su conformación se aplicaron 60 capas de papilla alternada con 60 capas de rebozado de Moloquita 50-80dd. El tiempo aproximado de realización fue de 10 horas.

Durante el secado se observó que:

- Las dos composiciones (prueba A y prueba B) de papilla empleadas para rellenar el cubo de cera por vertido, tardaron en secar más de tres semanas y durante este periodo se verificó la separación o precipitación de la Moloquita -200 de la sílice coloidal. La sílice se secó lentamente creando una capa vítrea<sup>124</sup> en la superficie (Fig. III.62).



Figura III.62. Tres fases de la papilla en el cubo: papilla en fase estabilización (izquierda), fase de separación de la sílice con la Moloquita (centro), gelificación de la sílice (derecha).



Figura III.63. Los dos bloques conformados de papilla (izquierda y centro) bloque conformado por capas (derecha).

Los dos cubos realizados por vertido (prueba A y prueba B), después de la cocción, resultaron compactos pero presentaban sobre la superficie grietas que correspondían con el craquelado de la sílice coloidal<sup>125</sup> (Fig. III.63.).

- Los dos bloques (prueba A y prueba B), tras el secado, se solidificaron resultando compactos<sup>126</sup>, debido probablemente a diversos factores, la abertura de llenado que permitía buena ventilación, las dimensiones de los bloques y el grosor del mismo.

<sup>124</sup> Este efecto de separación se estudia más detalladamente en el capítulo V.

<sup>125</sup> En el capítulo IV ap. IV.1.1.3., p. 316., Comportamiento de la papilla” se estudia más detalladamente el craquelado producido por la sílice coloidal como parte integrante de una pieza. Además, este bloque realizado en este ensayo se empleó para el procedimiento de talla III.5.1. p. 285, Tratamientos sustractivos” comprobando la posibilidad de cortar un bloque de cascarilla cerámica.

<sup>126</sup> A diferencia del procedimiento de vertido del ensayo con molde de silicona del apartado III.3.4.3. p. 264.

También en estos casos se generaron grietas profundas en la estructura de estos bloques aunque los bloques resultaron estables ya que no se desmoronaron.

- En la Prueba C, el tercer cubo de cascarilla cerámica realizado por estratificado permitió obtener bloques estables, compactos y sin grietas.

Pruebas	Prueba A	Prueba B	Prueba C
<b>Composición</b>	PW 50 y Moloquita - 200	PW 50, Moloquita - 200 y Moloquita 50-80dd	PW 50 y Moloquita - 200
<b>Porcentaje en peso %</b>	35/65%	30-55-15%	35/65%
<b>Aplicación</b>	Vertido	Vertido	Por capas
<b>Capacidad de recubrimiento</b>	Sí	Sí	Sí
<b>Tiempo de aplicación</b>	Rápido	Rápido	Lento
<b>Tiempo de secado</b>	Prolongado	Prolongado	Rápido
<b>Comportamiento de la papilla durante el secado</b>	Separación de los dos componentes	Separación de los dos componentes	Estable
<b>Desmolda ante de la cocción</b>	No	No	No
<b>Desmolda después de la cocción</b>	Sí	Sí	Sí
<b>Calidad del registro</b>	Defectuosa	Defectuosa	Buena
<b>Craquelado</b>	Sí	Sí	No
<b>Comportamiento durante la cocción</b>	Presencia de grieta en la superficie	Presencia de grieta en la superficie	Intacto

Tabla III.48. Tabla de resultados.

### Valoraciones y conclusiones

Se pueden realizar bloques macizos de cascarilla cerámica mediante encofrado, aunque los resultados den un bloque homogéneo. Por el consumo de material parece poco recomendable su uso en piezas de tamaño grande, el secado también sería dificultoso.

Se pueden realizar bloques macizos por estratificado de capas mediante encofrado. El bloque resultante es compacto aunque lento en el proceso de realización. El consumo de materiales también parece excesivo.

Se considera que para obtener un bloque macizo y homogéneo es mejor utilizar este último sistema (tabla III.48.).

## III.4. PROCEDIMIENTOS ADITIVOS, MODELADO CON CASCARILLA CERÁMICA

El procedimiento de modelado consiste en añadir material, bien sea éste fluido o plástico. Se modela superponiendo pequeñas cantidades plásticas o capas, una sobre otra, de material fluido o plástico. El material tradicional por excelencia para el modelado, ha sido el barro, aunque también se ha utilizado históricamente la cera y otros materiales orgánicos.

Con respecto a la cascarilla cerámica, se sabe que se puede añadir superponiendo capas o en pequeñas cantidades, utilizando un pincel, una espátula o incluso otros sistemas menos usuales.

La ventaja de este material es que se puede añadir cuando sea necesario, tanto antes como después de la cocción, además el procedimiento de aplicación no requiere de herramientas complicadas. En los apartados siguientes se revisa el procedimiento de modelado con cascarilla cerámica en diversas circunstancias: intentando componer mezclas densas que se puedan amasar y añadir, añadiendo cascarilla cerámica sobre distintos tipos de soporte, unos que se puedan retirar y otros que resten integrados como parte material de la escultura.

En las experiencias que se presentan a continuación se tuvieron en cuenta las características que requiere esta masa: la consistencia de la papilla, la plasticidad, para que sea modelable y se pueda amasar, que se adhiera sobre sí misma y no se desmorone o se desprenda y que no se cuartee durante el secado o la cocción.

### III.4.1. PRUEBA DE MODELADO DE LA MEZCLA CERÁMICA

#### Objetivo

Experimentar distintas mezclas de cascarilla cerámica para confeccionar una masa que se pudiese modelar.

#### Procedimiento

El procedimiento consistió de añadir más Moloquita -200 en la composición de papilla hasta lograr una masa plástica. Se hicieron pruebas para valorar la posibilidad de modelar la cascarilla cerámica, tal y como se muestra en la Fig. III.64.

#### Resultados

Se logró una papilla modelable, con consistencia y estabilidad estructural (que no se desmoronase), con las siguientes composiciones<sup>127</sup>:

- 30% de sílice coloidal PW 50 y 70% de Moloquita -200.
- 30% de sílice coloidal PW 50, 55% de Moloquita -200 y 15% de Moloquita 50-80dd.



Figura III.64. Prueba de modelado con la cascarilla cerámica (30/70%).

<sup>127</sup> Estos dos tipos de mezclas se emplean también para el procedimiento de apretón, como se presentó en el apartado de modalidad de recubrimiento de este capítulo.

Estas mezclas se podían modelar con ciertas limitaciones, la experiencia demostró que estas composiciones de papilla presentaban una consistencia poco plástica que aunque permitían que se pudieran amasar, llegaban a cuartearse y cedía por su propio peso, aflojándose. Además la superficie sin la aplicación del rebozado resultó pegajosa en ambas composiciones.

Se observó que una masa compacta de cascarilla cerámica no tenía un secado uniforme. Lo que secaba rápidamente era la superficie exterior de la masa por su contacto directo con el aire. En su interior permanecía blanda secándose muy lentamente. Se formaron pequeñas grietas durante el secado.

La alternativa fue dejar secar durante el moldeado, a cada modificación, lo cual dilataría extraordinariamente el procedimiento.

Fue posible pues, realizar piezas macizas de pequeño tamaño, aunque se requirió mucho material en comparación al recubrimiento.

Composición	PW 50 y Moloquita -200	PW 50, Moloquita -200 y Moloquita 59-80dd
Porcentaje en peso %	30/70%	30/55/15%
Aplicación	Amasado	Amasado
Plasticidad	Parcialmente plástica	Parcialmente plástica
Tiempo de secado	Prolongado y no uniforme	Prolongado y no uniforme
Comportamiento de la pasta durante el secado	Pegajosa, leve separación de los dos componentes	Pegajosa, leve separación de los dos componentes
Estable	Cede por su peso	Cede por su peso
Craquelado	Se cuartea	Se cuartea
Comportamiento durante la cocción	Presencia de grieta en la superficie	Presencia de grieta en la superficie

Tabla III.49. Tabla de resultados.

### Valoración y conclusión

Se puede utilizar la cascarilla cerámica para modelar, aunque las pastas experimentadas ofrecen resultados limitados de plasticidad, de consistencia y de secado, por todo ello se consideran limitadas las dimensiones de un modelado autónomo (tabla III.49.).

## III.4.2. MODELADO CON MASA DENSA APLICADA SOBRE NÚCLEOS COMBUSTIBLES

Se vio anteriormente que una masa de papilla muy densa se desmoronaba. Por esta razón, se quiso comprobar si este tipo de masa podía ser empleada para recubrir un soporte.

### Objetivo

Comprobar la posibilidad de uso de una masa densa de cascarilla cerámica, aplicándola sobre un soporte, en este caso combustible.

### Materiales empleados

Se utilizaron las composiciones:

- 30% de sílice coloidal PW 50 y 70% de Moloquita -200.
- 30% de sílice coloidal PW 50, 55% de Moloquita -200 y 15% de Moloquita 50-80.

### Procedimiento

El procedimiento tuvo dos etapas:

- Ensayo previo: se aplicaron estas composiciones, sobre una superficie vertical sin la aplicación del rebozado sobre éstas, comprobando si la superficie de la papilla se

deslizaba y arrugaba tras su aplicación, si se agrietaba durante el secado, y cómo se comportaba ésta con el rebozado.

- Recubrimiento de núcleo: consistió en aplicar una pequeña cantidad de estas composiciones sobre un núcleo de material combustible y observar su comportamiento.

Criterios de valoración: deslizamientos de la papilla, agrietamientos durante el secado

#### Resultados de la masa aplicada sobre una superficie vertical



Figura III.65. Papilla arrugada (izquierda) papilla agrietada (centro) papilla con rebozado (derecha).

Composición del amasijo	PW 50 y Moloquita - 200	PW 50, Moloquita - 200 y Moloquita 50-80dd	PW 50 y Moloquita -200
Porcentaje en peso %	30/70%	30-55-15%	30/70%
Aplicación del rebozado	No	No	Si
Amasado manual	Sí	Sí	Sí
Capacidad de recubrimiento	Sí	Sí	Sí
Comportamiento del sobre la superficie vertical	Sin rebozado, se desmorona y se arruga	Sin rebozado, se desmorona y se arruga	Con rebozado, no se detecta ninguna anomalía
Calidad del registro	Defectuosa	Defectuosa	Buena
Comportamiento de la pasta durante el secado	Pegajosa, leve separación de los dos componentes	Pegajosa, leve separación de los dos componentes	No pegajosa debido al rebozado
Craquelado	Sí	Leve	No
Secado	Depende del grosor Secado prolongado	Depende del grosor Secado prolongado	Depende del grosor Secado prolongado
Comportamiento durante la cocción	Se rompe sólo en la superficie debido al secado	Se rompe sólo en la superficie quebrada debido al secado	Estable

Tabla III.50. Tabla de resultados.

En el ensayo previo se aplicaron estas dos composiciones sobre una superficie vertical plástica sin el rebozado de grano, comprobando que:

- La superficie de la papilla se arrugó debido a la falta de rebozado (Fig. III.65. nº1), como pasó en el ensayo de resistencia en el que se quería realizar una probeta de papilla sin rebozado y éstas se rompieron al secarse (ap. II.9., p.151).
- Durante el secado se agrietó con el resultado de ser inestable y frágil, con la consecuente rotura de ésta (Fig. III.65. nº2).

Aplicando el rebozado sobre estas composiciones se consiguió:

- Evitar que la superficie resultase pegajosa.

- Evitar que la superficie se arrugase y fuese frágil.
- Evitar que se formasen microcraquelamiento que debilitase la estructura de la pasta de cascarilla cerámica (tabla III.50.).

**Resultados del recubrimiento del núcleo.**

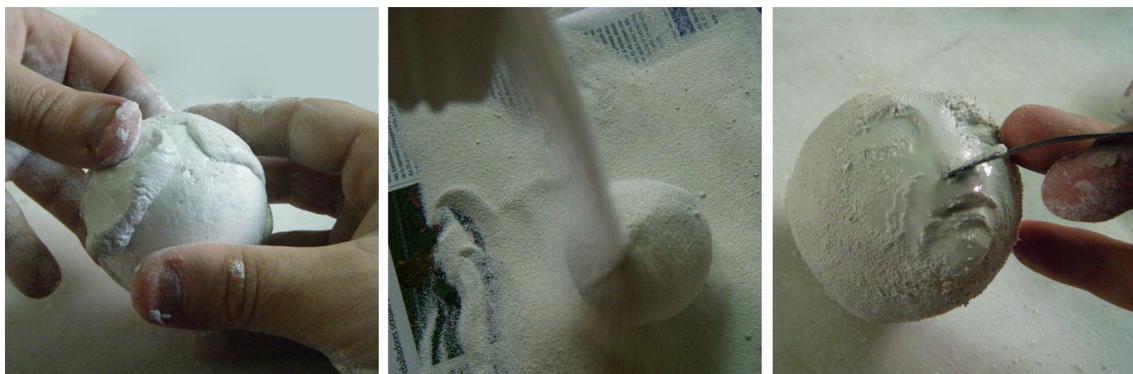


Figura III.66. Modelado sobre soporte.

Se comprobó que el rebozado se podía aplicar sólo en los primeros recubrimientos. Y a continuación se podía añadir más material en pequeña cantidad y modelarlo con espátula.

Cada aplicación de la papilla requirió un tiempo de secado determinado para que no se desmoronase con la siguiente aplicación.

Una vez acabado el procedimiento de modelado sobre el soporte, el conjunto se coció. De esta manera se endureció la cascarilla cerámica y se eliminó el material que se hallaba en su interior, obteniendo así una pieza hueca.

En la experiencia, por precaución y aún conociendo la porosidad de la cascarilla cerámica, con una pieza entera y cerrada con el interior hueco, se efectuó un agujero en la pieza para permitir la evacuación de los gases durante la cocción, con la intención de evitar una potente explosión de la pieza.

Composición	PW 50 y Moloquita -200
Porcentaje en peso %	30/70%
Aplicación	Apretón
Capacidad de recubrimiento	Sí
Tiempo de aplicación	Rápido
Tiempo de secado	Prolongado, diferencia de secado de la masa
Comportamiento de la papilla durante el secado	Separación de los dos componentes, la superficie pegajosa
Craquelado	No, si se aplica el rebozado

Tabla III.51. Tabla de resultados.

Este procedimiento se puede aplicar para recubrir soportes pero atendiendo a los antecedentes de fundición y las propias experiencias complementarias desarrolladas en otros apartados, ya que este procedimiento se puede aplicar sobre otros soportes combustibles (cera, plástico, madera, cartón etc.), ver el apartado de moldeado dedicado a estos materiales “III.2.3. Moldeado por recubrimiento de materiales combustibles”. Y previsiblemente, atendiendo a los resultados del apartado siguiente a éste sobre materiales no combustibles como la malla metálica, varilla corrugada etc., que actúan de armadura, quedando integrada en la pieza.

**Valoración y conclusión**

La masa de cascarilla cerámica se puede aplicar sobre distintos soportes mejorando de esta manera sus posibilidades. Los resultados obtenidos mediante el rebozado con grano evitan la pegajosidad de la masa, su agrietamiento durante el secado y, en general, mejoran su manipulación (tabla III.51.).

### III.4.3. MODELADO SOBRE NÚCLEOS O ESTRUCTURAS DE ACERO

En este apartado se han experimentado distintos procedimientos de conformación del soporte hecho de acero y se han establecido los parámetros de conformación de la cascarilla cerámica al recubrir el soporte de acero. Ha sido posible emplear estructuras de acero de distintos tamaños e integrarlos en la cascarilla cerámica, atendiendo las experiencias previas desarrolladas en fundición. El acero, una vez recubierto con cascarilla cerámica y después de la cocción, permanece englobado en su interior, a diferencia de la madera, que se calcina dejando el interior de la cascarilla cerámica hueco. El empleo de los aceros aporta resistencia a la cascarilla cerámica y permite realizar formas articuladas, complejas y delgadas.

Como se comprobó en el apartado III.1. p.201 (Procedimientos aditivos. Recubrimiento de soportes), es oportuno que se empleen aceros inoxidables o galvanizados, porque la humedad de la papilla acelera el proceso de oxidación de éste, aflorando la herrumbre sobre la superficie de la cascarilla cerámica, dándole un color anaranjado en las áreas donde está situado el metal (Fig III.5. p.206). No obstante, éste podría ser un efecto interesante, a la vez que deseado como coloración.

Los procedimientos de aplicación del acero son diversos; dependen de la complejidad de la pieza y de la sensibilidad del artista. Por ejemplo, se pueden emplear varillas de acero para realizar una estructura de gran tamaño, sutil y al mismo tiempo resistente. La papilla se adhiere englobando la estructura en su interior. Así mismo, se puede dejar parcialmente visible la estructura, de manera que quede incrustada en la pieza.

#### III.4.3.1. SOPORTE DE VARILLA CORRUGADA, COCCIÓN MEDIANTE HORNO.

Una de las formas comerciales en que se presenta el acero es la de varilla lisa, y otra es la varilla corrugada, que consiste en una barra con una superficie que facilita la adherencia de otro producto, habitualmente el hormigón.

##### Objetivo

Estudiar si el grosor de varilla de hierro afectaba la estructura de cascarilla cerámica durante su cocción, a causa de su dilatación y si sería viable su empleo como armazón.

##### Materiales

Varilla corrugada de diámetros 6, 8 12 y 20cm.

Papilla (PW 50 y Moloquita -200 al 35%-65%) con su rebozado correspondiente.

##### Procedimiento

Se aplicaron cinco capas de papilla con su rebozado correspondiente sobre los distintos tipos de varillas. Se cocieron a una temperatura de 750°C, y se observó si se habían producido agrietamientos (Fig. III.67.).



Figura III.67. Varilla corrugada recubierta de cascarilla cerámica. Derecha: Detalle de varilla de diámetro 20mm con grieta.

Varilla de acero corrugada	6 cm.	8 cm.	12 cm.	20 cm.
Porcentaje de papilla	35/65%	35/65%	35/65%	35/65%
Capacidad de recubrimiento	Sí	Sí	Sí	Sí
Secado	Correcto	Correcto	Correcto	Correcto
Tras la cocción	Íntegra	Íntegra	Presencia de grieta	Defectuosa
Estabilidad sobre la varilla de hierro	Bueno	Bueno	Permanece adherida con grieta	Permanece adherida con mucha grieta

Tabla III.52. Tabla de resultados.

Tras la cocción se observó:

- Con las varillas de diámetro de 6-8mm no se vio afectada la estructura cerámica, la superficie de ésta estaba íntegra.
- Con la varilla de diámetro de 12mm se produjeron leves grietas longitudinales en las extremidades de la cascarilla cerámica.
- Con la varilla de diámetro 20mm apareció una grieta longitudinal sobre toda la superficie de la cascarilla cerámica.

Se estableció que con la introducción del acero en la cascarilla cerámica se debía hacer una cocción mediante horno para que la estructura no sufriera ninguna alteración, pues el calor que emanaba del horno era homogéneo sobre toda la superficie de la cascarilla cerámica.

#### Valoración y conclusión

Que, en el empleo de varillas de acero como armazón, el diámetro no debe sobrepasar 8mm. A diámetros superiores, la dilatación del metal en valor absoluto causa una presión que no puede resistir la cascarilla cerámica (tabla III.52.).

### III.4.3.2. SOPORTE DE VARILLA CORRUGADA Y LISA, COCCIÓN CON SOPLETE.

Se prosiguió con otro ensayo recubriendo las varillas con cascarilla cerámica y someténdolas a calentamiento mediante soplete a gas.

La cascarilla cerámica pudo ser sometida a procesos complementarios de recocción con soplete, calentando puntos determinados de su superficie. Este procedimiento se realiza para endurecer papilla añadida que se aplica posteriormente sobre la cascarilla cerámica para reparar una rotura, aplicar revestimientos, etc.

#### Objetivo

Averiguar cómo reaccionaba el acero recubierto de cascarilla cerámica cruda en un caso, y cocida en el otro, durante el recalentamiento de la superficie mediante soplete.

#### Materiales

Se emplearon cuatro varillas de acero corrugado (dos de 4 y dos de 6mm de diámetro) y cuatro varillas de acero de superficie lisa (dos de 4 y dos de 6mm de diámetro). Se utilizó la papilla de composición 35/65% alternada con la Moloquita 50-80dd.

#### Procedimiento

En el ensayo anterior estos diámetros de varilla no afectaron la estructura de la cascarilla cerámica.

Todas las varillas se recubrieron con cinco capas de papilla alternada con grano de Moloquita.

Luego, algunas de estas varillas se sometieron a una primera cocción mediante horno, y a continuación se recalentaron con soplete a gas.

Las otras varillas que estaban todavía crudas se sometieron directamente crudas al calor del soplete de gas.

### Resultado



Figura III.68. Varilla lisa cubierta de cascarilla cerámica que se rompe por el calentamiento del soplete.

	Cruda		Cocida	
	Lisa	Corrugada	Lisa	Corrugada
<b>Varilla de acero</b>	Lisa	Corrugada	Lisa	Corrugada
<b>Cocción previa con horno</b>	No	No	Sí	Sí
<b>Recocción con soplete</b>	Se conforman grietas y separación de la cascarilla cerámica desde la superficie de la varilla	Se conforman grietas y permanece adherida a la varilla	Se conforman grietas y separación de la cascarilla cerámica desde la superficie de la varilla	Se conforman grietas y permanece adherida a la varilla

Tabla III.53. Tabla de resultados.

Al calentarlas con soplete las probetas en crudo y en cocido se agrietaron. Se dedujo que al calentar en un punto determinado de la varilla recubierta de cascarilla cerámica, se crea una tensión en el acero que afecta a la cascarilla cerámica. Cuanto más se prolongaba el calentamiento con soplete de gas sobre la varilla con cascarilla cerámica, más se propagaban las grietas.

En la varilla corrugada, el calor debido al soplete formó grietas, pero la cascarilla cerámica permaneció adherida debido al reborde saliente de la varilla corrugada, tanto si la cascarilla cerámica estaba cruda como cocida.

En la varilla lisa, durante el calentamiento con soplete, la cascarilla cerámica se agrietó y estalló separándose de la varilla. Esto sucedió porque la varilla no tenía reborde para que la cascarilla cerámica se pudiera agarrar (Fig. III.68.).

### Valoración y conclusión

No es conveniente aplicar soplete sobre las varillas recubiertas con cascarilla cerámica dado que se agrieta el recubrimiento (tabla III.53.).

### III.4.3.3. SOPORTE DE ALAMBRE

Se planteó también el empleo de alambre de acero inoxidable como armazón, procediéndose de igual manera que con la varilla corrugada.

#### Objetivo

Establecer si el alambre permitía realizar un recudimiento con cascarilla cerámica.

#### Materiales

Alambre de 1mm de grosor.

Papilla (PW 50 y Moloquita -200 al 35%-65%) con su rebozado correspondiente.

### Procedimiento

El procedimiento consistió en aplicar 4 capas de papilla de composición 35/65% alternadas con 4 capas de rebozado Moloquita 50-80dd. La estructura recubierta de papilla se coció a 750°C (Fig. III.69).

### Resultados



Figura III.69. Alambre recubierto de cascarilla cerámica.

Material soporte	Alambre
Adherencia de la papilla	Sí
Recubrimiento	Correcto
Comportamiento durante el secado	Rápido
Desmoldea tras la cocción	No, es estable
Calidad del registro	La papilla reproduce la forma del alambre

Tabla III.54. Tabla de resultados.

Se recubrió correctamente sin que en apariencia presentase grietas durante el secado. Tampoco sufrió alteraciones visibles tras la cocción como se puede observar en la Fig. III.69.

Se consiguió un buen recubrimiento del material. El alambre no afectó a la cascarilla cerámica: no hubo grietas ni fisuras.

### Valoración y conclusión

Se concluye que el alambre es un material de soporte adecuado.

Se puede utilizar alambre como soporte de la cascarilla cerámica, sin que éste la dañe (tabla III.54.).

## III.4.3.4. MALLAS METÁLICAS

La malla metálica se puede encontrar en distintos formatos de trama (cuadradas, rectangulares, romboides, alargados, hexagonales), con distintas separaciones y distintos diámetros del alambre (grosso o fino). La malla metálica presenta una constitución flexible que permite emplearla como armazón.

### Objetivo

Se pretendió valorar si el empleo de la malla metálica con la cascarilla cerámica presentaba alguna dificultad especial distinta a la del alambre.

### Materiales

Diferentes tipos de malla metálica.

Papilla (PW 50 y Moloquita -200 al 35%-65%) con su rebozado correspondiente.

### Procedimiento

El procedimiento consistió en aplicar una papilla densa, de composición 35/65%, sobre la superficie del papel con un pincel y posteriormente fijar el conjunto sobre la superficie de la

mallas metálicas, de manera que la papilla se adhiriese a ésta. En la parte opuesta del papel se espolvoreó el refractario para detener el fluido de la papilla. Cuando la papilla estuvo seca se retiró el papel, el cual se despegó fácilmente de la papilla (Fig. III.70).

### Resultados



Figura III.70. Izquierda: no hay adherencia de la papilla con la malla. Centro y derecha: Imágenes de la unión entre la papilla y la malla a través de papel.



Figura III.71. Antes y después de la aplicación de la papilla sobre la malla metálica.

Material soporte	Malla metálica
Adherencia de la papilla	Sí, pero mediante papel
Recubrimiento	Correcto
Comportamiento durante el secado	Rápido
Desmoldea en crudo	No
Desmoldea tras la cocción	No, es estable
Calidad del registro	La papilla permanece englobada entre la malla

Tabla III.55. Tabla de resultados.

Sin embargo, la aplicación de la papilla resultó complicada, puesto que la densidad fluida de ésta no permitió recubrir enteramente los intersticios de la malla metálica. Para resolver esta dificultad, se puede utilizar papel Fig. III.71, por ejemplo papel de periódico (en el apartado reconstrucción se presenta más detalladamente este procedimiento).

Con este procedimiento se consiguió un recubrimiento eficiente de la malla metálica.

### Valoración y conclusión

Se puede utilizar la malla metálica de retícula cuadrada, galvanizada como soporte de la cascarilla cerámica y también otras diversas de alambre oxidado. Dependiendo de la retícula la cascarilla cerámica llega a recubrir totalmente la malla sin dejar huecos interiores (tabla III.55.).

### III.4.3.5. FIBRA DE ACERO

La fibra de acero se presenta en distintas dimensiones: un diámetro de entre 0,25 y 0,80mm y una longitud que puede variar entre 10 y 75mm.

### Objetivo

Se pretendió comprobar la viabilidad del uso de la fibra de acero y la del acero inoxidable.

### Materiales

Fibra de acero.

Papilla (siempre PW 50 y Moloquita -200 a 35/65%).

### Procedimiento

El procedimiento consistió en hacer estratificados de cascarilla cerámica incluyendo entre ellos una capa de fibra de acero, concretamente en la 3ª capa,

El conjunto se coció a 750°C.

### Resultado



Figura III.72. Mancha de óxido debida a la fibra de acero (izquierda).

Papilla con acero inoxidable (derecha).

Material soporte	Fibra de acero	Fibra de acero inoxidable
Adherencia entre la papilla	Sí	Sí
Recubrimiento	Correcto	Correcto
Comportamiento durante el secado	Largo debido a una cantidad mayor de papilla entre la fibra	Largo debido a una cantidad mayor de papilla entre la fibra
Desmoldea en crudo	No	No
Desmoldea tras la cocción	No, es estable	No, es estable
Calidad del registro	La superficie de la cascarilla cerámica es irregular	La superficie de la cascarilla cerámica es irregular
Comportamiento de la fibra en la cascarilla cerámica	Se oxida, modifica la coloración de la cascarilla cerámica	No afecta la coloración de la cascarilla cerámica

Tabla III.56. Tabla de resultados.

La introducción de la fibra de acero aportó grosor de pared debido a la irregularidad del conjunto de filamentos. Introduciendo la fibra de acero no aparecieron grietas ni deformaciones de ningún género en la cascarilla cerámica.

Se observó que durante su aplicación permanecían pequeños filamentos fuera de la papilla (que no quedan integrados en su interior), que se separaban con la cocción. La fibra de acero regular se oxidó en el interior de la papilla, debido a la humedad de ésta. El óxido emergió hacia la superficie de la cascarilla cerámica en forma de marcas de color anaranjado, reproduciendo en parte la forma irregular de la fibra de acero (Fig. III.72.).

En cambio, eso no sucedió con la fibra de acero inoxidable.

Se comprobó que su integración en la papilla no afectaba a la estructura de la cascarilla cerámica.

### Valoración y conclusión

Se puede utilizar la fibra de acero y la de acero inoxidable como elemento de refuerzo en estratificados de cascarilla cerámica. El acero aporta coloración de óxido de hierro, no siendo el caso con el acero inoxidable (tabla III.56.).

## III.4.4. MODELADO SOBRE SOPORTES DE CASCARILLA CERÁMICA

Los materiales como el barro, el gres o la porcelana que reducen su volumen durante el secado y también durante la cocción, al ser utilizados sobre un soporte rígido, se cuarteán. El recubrimiento de barro se contrae notablemente durante el secado, y también cuando se cuece, mientras que el soporte rígido tiende a mantener una cierta estabilidad. Por otro lado, y siguiendo con los materiales mencionados, si se añade nuevo material plástico, seco o cerámico sobre el mismo tipo de material seco o cocido, el material añadido no se une al mismo tipo de material, se produce lo que denominamos una incompatibilidad. Estos materiales son incompatibles con ellos mismos, salvo cuando están en estado plástico, ya que una vez secos o cocidos no admiten la aplicación del mismo material sobre sus superficies.

La razón de este comportamiento se halla en la diferencia de las estructuras moleculares. En la forma húmeda del barro, las moléculas están separadas debido al agua, la pérdida del agua producida durante el secado provoca una contracción. En la estructura seca y en la cocida, las moléculas de material se presentan compactas debido a la deshidratación física en el primer caso y a la transformación química, con pérdida de agua, en el segundo.

La Moloquita empleada para la formación de la cascarilla cerámica, es un refractario fabricado a partir del caolín (arcilla) que ha perdido tras la cocción las características físicas y mecánicas originales de la arcilla. Los productos de Moloquita no sufren alteración si son sometidos a cocciones posteriores, al menos dentro de determinados parámetros de temperatura.

La cascarilla cerámica se utiliza en determinadas fundiciones precisamente por su reconocida estabilidad dimensional. Durante el secado y durante la cocción, la cascarilla cerámica no modifica sus dimensiones, salvo si se cuece a 1200°C donde la reducción es prácticamente imperceptible (Cap.II ap. 11., p.187). Por lo tanto, la cascarilla cerámica es un material compatible consigo mismo, dado que permite añadir capa sobre capa, tanto si el material de base está crudo, como si está cocido. Esta compatibilidad de la cascarilla cerámica parece un rasgo relevante para este proyecto.

### Objetivo

Ratificar la posibilidad de añadir capas de cascarilla cerámica sobre soportes de cascarilla cerámica precocidos y remodelar superficies.

### Procedimientos

Se emplearon plaquetas de cascarilla cerámica con distinta composición y cocidas a 750°C, 850°C, 1000°C y 1200°C; sobre éstas se aplicaron posteriormente papillas diversas: 40/60%, 35/65% y 30/70%. Tras el secado y la cocción se comprobó el grado de adherencia y de estabilidad del resultado.

### Resultados

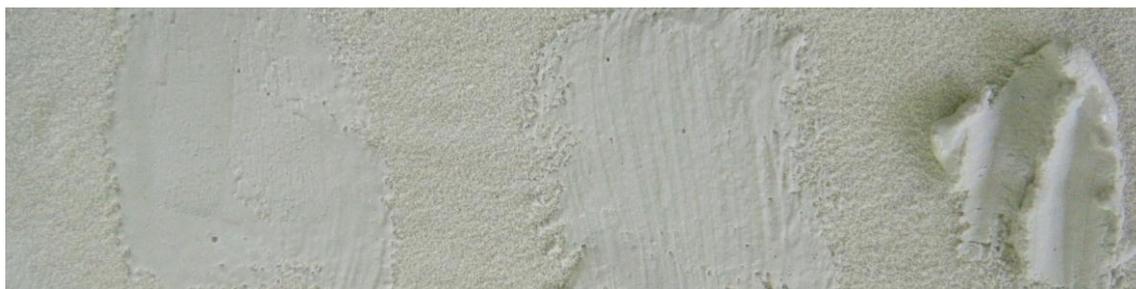


Figura. III.73. Aplicación de las tres composiciones de papilla sobre plaquetas de cascarilla cerámica en crudo.



Figura. III.74. Aplicación de las tres composiciones de papilla sobre plaquetas de cascarilla cerámica cocidas a 750°C.

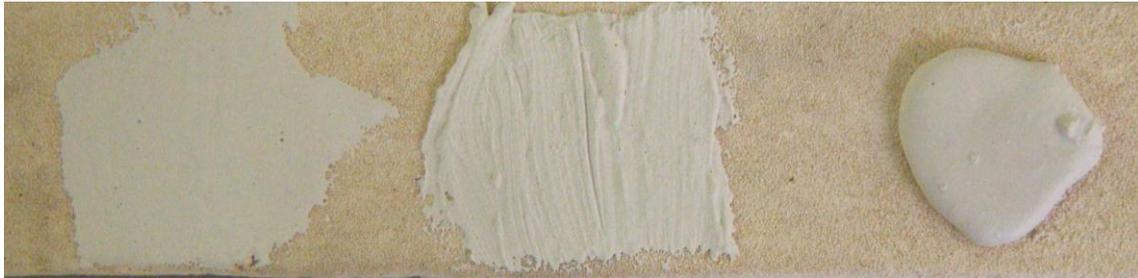


Figura. III.75. Aplicación de las tres composiciones de papilla sobre plaquetas de cascarilla cerámica cocidas a 875°C.



Figura. III.76. Aplicación de las tres composiciones de papilla sobre plaquetas de cascarilla cerámica cocidas a 1000°C.



Figura. III.77. Aplicación de las tres composiciones de papilla sobre plaquetas de cascarilla cerámica cocidas a 1200°C.

Papilla	Temperatura de cocción °C				
	Cruda	750	875	1000	1200
<b>PW 50 / Moloquita -200 (%)</b>					
<b>30/70</b>	Separación leve	Separación leve	Separación leve	Separación leve	Separación leve
<b>35/65</b>	Sin separación	Sin separación	Sin separación	Sin separación	Sin separación
<b>40/60</b>	Sin separación	Sin separación	Sin separación	Sin separación	Sin separación

Tabla III. 57. Grados de adherencia de la papilla aplicada sobre cascarillas precocidas.

La cascarilla cerámica pudo modificarse a través de la superposición en pequeñas cantidades de papilla aplicada directamente sobre la cascarilla cerámica.

Cuanto más densa la papilla, se logra modificar más rápidamente la superficie de la cascarilla cerámica. Las composiciones 30/70% y 35/65% son favorables para modificar la superficie, en cambio la composición 40/60%, resulta muy líquida para modificar la pieza porque forma un espesor imperceptible.

El uso de una papilla más densa con una consistencia de estuco, permitió lograr un cambio más drástico de la superficie de la cascarilla cerámica, pero esta composición tipo estuco (30/70%), no se adhirió fácilmente y al secarse puede ocurrir la separación de ésta sobre la superficie de cascarilla cerámica (Fig. III.78).



Figura. III.78. Separación de la papilla (30/70%) sobre plaquetas de cascarilla cerámica cruda y cocida a 875°C.

Mediante la composición 35/65% se pudo modificar la superficie de la cascarilla cerámica y este tipo de papilla se adhirió sobre todas la superficies de cascarilla cerámica cocidas a distinta temperatura.

Con la composición 40/60%, también ésta se adhirió sobre todas las superficie de cascarilla cerámica cocidas a distinta temperatura, sólo con esta papilla fue más lento modificar la superficie, por el hecho de que era más líquida.

La papilla añadida a posteriori no se separó con la cocción de la superficie de la cascarilla cerámica previamente cocida, y la unión de las dos capas no se diferenciaba cociendo a 1200°C. A una temperatura de cocción inferior, la papilla añadida presentaba un color diferente, dependiendo de la temperatura de cocción.

En todo los casos, tanto la papilla cocida a 1200°C como a otras temperaturas, fue posible aplicar sobre la superficie de la cascarilla cerámica ya cocida más papilla cerámica, todas las veces que se deseara sin que esto implicase la aparición de grietas o la deformación de la pieza, ni antes ni después de la cocción.

La temperatura de cocción, como se puede ver en las imágenes anteriores Fig. III.75 y III.76 provocó un cambio de color en la cascarilla cerámica, por lo tanto para conseguir una uniformidad en el aspecto fue conveniente someter la pieza a la misma temperatura de cocción después de añadir las capas de papilla adicionales.

### Valoraciones y conclusiones

La cascarilla cerámica permite añadir nuevas capas de papilla sobre superficies precocidas, incluso se puede modificar una pieza cocida a 1200°C. El tipo de papilla que ofrece mejores resultados es la 35/65%. Dado que las coloraciones de la papilla varían, parece lógico pensar que los nuevos añadidos se hayan de cocer a la misma temperatura u otra, en función del resultado deseado (tabla III.57.).



## III.5.PROCEDIMIENTOS SUSTRATIVOS. TALLADO Y PROCEDIMIENTOS ABRASIVOS DE LA CASCARILLA CERÁMICA

### III.5.1 TRATAMIENTOS SUSTRATIVOS. PROCEDIMIENTOS DE TALLA

La talla es un procedimiento sustractivo, para realizar una talla se parte de un bloque de material y se le da forma mediante el desbastado, tallado y abrasión, utilizando herramientas mecánicas de corte, manuales como los cinceles, graditas, etc., y de abrasión, como el papel de lija. Mediante estos procedimientos se reduce el material bruto hasta lograr la forma predeterminada. Por lo tanto para tallar la cascarilla cerámica fue necesario disponer de un bloque bruto de cascarilla cerámica para proceder al desbastado. Para este ensayo se emplearon los tres bloques de cascarilla cerámica que se realizaron en el ap. III.3.5.2. (Vaciado a partir de un encofrado de cera), p. 268.

Estos tres bloques macizos eran distintos entre ellos:

- El primer bloque: realizado por vertido, solo de papilla compuesto de PW 50 al 35% y Moloquita -200 al 65%.
- El segundo bloque: realizado por vertido, con papilla que en su mezcla había también la Moloquita 50-80dd. Estaba compuesto de PW 50 al 30%, la Moloquita -200 al 55% y Moloquita 50-80dd al 15%.
- El tercer bloque: realizado por estratificado, aplicando capas sucesivas, utilizando papilla 35/65% rebozada con grano de Moloquita 50-80dd.

#### Objetivo

Comprobar si se podía tallar con distintas herramientas la cascarilla cerámica en bloque y cuál era el procedimiento de talla adecuado.

#### Procedimiento

Primero: desbastar los tres bloques hechos de cascarilla cerámica utilizando un cincel.

Segundo: realizar cortes con amoladora angular. Todos ellos antes y después de la cocción.

#### Resultados de los procedimientos de talla antes de la cocción

- Los tres bloques conformados se desbastaron correctamente utilizando cinceles y martillos. Los realizados por colada, sólo con papilla resultaron más compactos cuando se rompieron, pero el que estaba formado por capas se rompió siguiendo la estructura estratificada generando escalonamientos (Fig. III.79.).
- Además, los tres bloques se pudieron cortar mediante amoladora angular con disco diamantado. En este caso, el bloque hecho por capas resultó menos duro que los otros dos realizado por vertido.



Figura III.79. Rotura de los bloques mediante cincel: bloque sólo papilla (izquierda); bloque realizado por capas de papilla y rebozado (derecha).

### Valoración y conclusión

Se pueden tallar bloques de cascarilla cerámica realizados por colada y también los realizados mediante estratificado. Los bloques obtenidos por vertido ofrecen mayor resistencia al tallado.

#### Resultados procedimiento de tallas después de la cocción a 750°C y 875°C

- Con la cocción, los tres bloques resultaron más resistentes mediante cincel y martillo a 750°C, pero los dos bloques sólo papilla a 875°C resultaron todavía más resistentes, con dificultad para desbastarlo con cinceles.
- Los bloques realizados sólo con papilla, cocidos a 875°C no se lograron cortar con radial utilizando disco de diamantado, sobre todo el bloque que tenía mezclado en la papilla la Moloquita 50-80dd, en este caso se tuvo que emplear disco de corte para granito (Fig. III.80.).



Figura III.80. Corte de bloque de papilla, cocido a 750°C (izquierda); bloque cocido a 875°C (derecha).

- El bloque realizado por capas a 875°C se pudo cortar mediante radial con disco diamantado. Resultó menos resistente.

Como se puede observar en la Fig. III.81 N° 1 del bloque realizado sólo de papilla, su estructura parecía más compacta, pero hubo presencia de grietas que la atravesaron. En el bloque hecho por capas de papilla y rebozado, si puede observarse en el interior de su estructura la formación estratificada, además con presencia de burbujas de aire en toda la superficie, lo cual debilitó la cascarilla cerámica. Fig. III.81 N° 3.



Figura III.81. Bloque macizo de sólo papilla cocido a 875°C (izquierda), textura interior del bloque de sólo papilla cocido a 750°C (centro, textura interior del bloque conformado de capas de papilla y rebozado (derecha).

### Valoraciones y conclusiones

Es posible cortar los bloques macizos de cascarilla cerámica mediante cincel y amoladora angular, siempre que este bloque esté cocido a un máximo de 750°C. El bloque cocido a una temperatura elevada, 875°C, presenta más dificultad de poder intervenir sobre éste, sobre todo con una amoladora angular.

El bloque macizo realizado por capas es más fácil de desbastar respecto a los dos bloques hechos por vertido, que son más compactos y resistentes, sin embargo, estos dos bloques

presentan en su interior grietas que se originan por la gelificación de la sílice coloidal (en el capítulo siguiente Cap. IV, ap. IV.1.1.3., p. 316. Comportamiento de la papilla, se expone un estudio más detallado de la formación de grietas en los bloques macizos de cascarilla cerámica).

Para conseguir un bloque macizo es necesario emplear el método de encofrado, para el cual, se necesita una cantidad considerable de material para la obtención de un bloque y este tipo de procedimiento implica un consumo de materiales que incrementa su coste.

La alta refractariedad del material refractario utilizado, Moloquita, provoca, aún trabajando el bloque en crudo, un desgaste rápido de las herramientas.

Material empleado	Papilla de PW 50 y Moloquita 50-80dd	Papilla de PW 50, Moloquita 50-80dd y Moloquita 18-30dd	Papilla de PW 50 y Moloquita 50-80dd alternada con Moloquita 18-30dd
Composición del bloque	35/65%	30%/55%15%	35/65%
Conformación de bloque	Vertido	Vertido	Por capas
Desbastar mediante cincel	Sí	Sí	Sí
Cortar mediante amoladora angular	Sí, con una cocción superior a 750°C es dificultoso	Sí, con una cocción superior a 750°C aún más dificultoso	Correcto
Resistencia del bloque	Resistente	Muy resistente	Débil respecto a los dos bloques realizado por vertido
Estructura del bloque	Presencia de grietas profundas en la estructura	Presencia de grietas profundas en la estructura	Presencia de burbuja de aire en toda la superficie.

Tabla III.58. Tabla de resultados.

### Conclusión

El procedimiento de talla no es recomendable para este material, el conglomerado ofrece mucha resistencia, además supone un gasto elevado de material (tabla III.58.).

## III.5.2. TRATAMIENTOS SUSTRATIVOS. PROCEDIMIENTOS ABRASIVOS

En este apartado se pretendió analizar técnicas y procesos escultóricos, de carácter sustractivo o mecánico con la finalidad de modificar el estado más superficial de la cascarilla cerámica, para así obtener distintos acabados y texturas, que repercutirían en una mayor gama de resultados y aportando diversidad visual. Se comprobó paralelamente la reacción y el comportamiento de la cascarilla cerámica ante el desgaste a que se vio sometida la superficie.

Para realizar dicha experiencia se propusieron diversas herramientas de baja tecnología, que permitieran acciones de abrasión, corte o perforación (tanto eléctricos como manuales) y que permitieran alterar sin mucha dificultad el acabado superficial de la cascarilla cerámica. Entre estos útiles y herramientas, se utilizaron: máquina radial, maquinaria mecanizada (dremel), lijas, sierras, herramientas de corte (cuchillo, cutter,..), herramientas de incisión (punzón de acero, raspadores,..), etc. Dichas pruebas se realizaron en superficies de cascarilla cerámica, tanto crudas como cocidas (con diferentes grados de cocción).

Al final de dichas pruebas, se comprobó el rápido desgaste que sufrieron las herramientas debido a la dureza del material proveniente del carácter altamente refractario de la cascarilla cerámica; la cual, una vez cocida, su consistencia varía y aumenta cuanto más alta sea la

temperatura de cocción. Se comprobó que con temperaturas de cocción superiores a 750°C, las posibilidades de modificación de la superficie disminuían inversamente a la temperatura de cocción.

Al igual que con cualquier práctica de taller, fue necesario respetar las medidas de seguridad en el trabajo adecuadas y utilizar los equipos de protección previstos en todo momento, en especial, poner atención en el manejo de las distintas herramientas.

### III.5.2.1. AMOLADORA ANGULAR

En el ensayo de talla, en el capítulo anterior, se comprobó que mediante la amoladora angular se puede cortar un bloque de cascarilla cerámica de 20x20x20cm, pero tiene que estar cocido a un máximo de 750°C, porque a una temperatura mayor se tendrá dificultad a la hora de cortar (ap. III.5.1., p. 285).

#### Objetivo

La finalidad del ensayo residía en comprobar la posibilidad de cortar la cascarilla cerámica de grosor fino, aproximado de 3mm. y estudiar la reacción del material a una acción de corte mediante una amoladora angular eléctrica.

#### Procedimiento

Descripción: amoladora angular eléctrica de 125mm. Se utilizó disco de diamante debido a su alta resistencia al corte en materiales de gran dureza.

En este ensayo se intervino con la radial sobre una estructura de cascarilla cerámica, cocida a 750°C, de un tamaño de 32x41x23cm. y un espesor medio de pared de 3mm. Se realizó un corte longitudinal que seccionó dicha estructura en dos partes (Fig. III.82.).

#### Valoración y conclusión

Se comprobó:

Que la cascarilla soportaba la presión y la vibración de la amoladora angular.

Que provocaba un corte limpio en la mayoría de la superficie, exceptuando pequeñas zonas debido al movimiento de la mano que manipuló la amoladora angular y también a la escasez de material (cascarilla cerámica) inferior en algunas zonas a los 3mm.



Figura III.82. Operación de corte de la cascarilla cerámica con el empleo de amoladora angular.

Que la estructura sufría una pérdida de material de entre 2 y 3mm, debido al grosor del mismo disco de corte.

Se observó:

Que al ser la cascarilla cerámica un material refractario, era necesario el uso de disco diamantado.

Que el grado de cocción al que fue sometido el material, influía directamente en el grado de resistencia, y por lo tanto en posibles riesgos de rotura.

Que entre 750°C – 850°C existía un riesgo mayor de rotura de la cascarilla cerámica, y que se reducía al aumentar dicha temperatura a 1000°C. La cascarilla cerámica es capaz de absorber la vibración y la presión que se ejercita sobre ella, siendo esta resistencia mayor a 1200°C.

Se verifica la posibilidad de cortar la cascarilla cerámica mediante amoladora angular con disco de diamante, un procedimiento que permite rectificar la superficie de la cascarilla cerámica, sea cual sea su dureza, y modificar así, mediante corte, su forma.

### III.5.2.2. LIJA, LIMA, RASPADOR (LIMA DE MADERA) DISCO DE DESBASTE

#### Objetivo

La finalidad del ensayo residió en comprobar la posibilidad de desgastar, lijar o pulir dicha superficie, y estudiar la reacción del material a una acción de lijado mediante herramientas de lima, raspador (lima de madera) y papel de lija de diversos gramajes y granulados.

#### Procedimiento

Descripción: papeles de lija de diversos gramajes, raspador (lima de madera) y limas de diversos granulados y cañas.

En este ensayo se intervino con las herramientas antes citadas sobre una superficie semiesférica de cascarilla cerámica, cocida a 750°C, de un tamaño aproximado de 30x30x10cm y un espesor medio de pared de 3mm.

Se realizó un trabajo de abrasión sobre la superficie de cascarilla cerámica, iniciado primeramente con limas de basto o disco de desbaste y a continuación entrefinas, y también raspadores (lima de madera), con la intención de afectar directamente el material, debido a la dureza de éste, para posteriormente aplicar papel de lija de grano grueso 80, papel de grano medio 120 y papel de grano fino 180. Estos papeles se aplicaron sobre la superficie de la cascarilla cerámica (Fig. III.83. nº 1 y nº 2), y dependiendo del grosor del abrasivo, variaba la calidad del resultado.

#### Resultado



Figura III.83. Utilización de herramientas en la modificación de la superficie de la cascarilla cerámica: papel de lija, lima baste.

#### Valoración y conclusión

Se comprobó:

Que se puede rectificar la superficie de la cascarilla cerámica mediante papel de lija, raspador (lima de madera, Fig. III.83., nº 3), limas y disco de desbaste. El papel de lija, el raspador (lima de madera) y las limas, se pueden utilizar frecuentemente, ya que permiten intervenir sobre la superficie de la cascarilla cerámica con facilidad en zonas de difícil acceso debido a su tamaño y a su fácil uso.

Que se puede emplear el papel de lija, el raspador (lima de madera) disco de desbaste y limas para pulir y alisar la pieza cerámica, eliminando las rebabas que pudieran aparecer, aportándole una textura más fina y un acabado uniforme a la superficie. Un papel con grano grueso puede generar un rastro o textura áspera sobre la superficie de la cascarilla cerámica,

que puede formar parte de la textura propia de la pieza. En cambio, un papel de grano fino proporciona a la cascarilla cerámica una superficie lisa.

Se observó:

Que el grado de cocción a que se somete el material, influye directamente en el grado de resistencia y por lo tanto en la dificultad de alterarlo.

Se verifica la posibilidad de alterar la cascarilla cerámica mediante lija, raspador (lima de madera), lima y discos de desbaste, un procedimiento que permite rectificar la superficie de la cascarilla cerámica, para modificar así su forma, especialmente en aquellos objetos que tengan pequeños detalles o partes de difícil acceso o manipulación, a la vez que proporcionan acabados totalmente lisos (Fig. III.84.).

Se verifica que para modificar una cascarilla cerámica cocida a alta temperatura (1000°C-1200°C) se debe utilizar maquinaria que se emplea para piedra, logrando modificar y alterar la superficie de la cascarilla cerámica. Para este caso, los discos de desbaste tienen que ser discos de carbono (SCV) o de corindón. Se debe tener en cuenta que estos discos sufren desgaste.



Figura III.84. Desbaste de la superficie de la cascarilla cerámica cocida a 1200 °C mediante disco de carbono.

### III.5.2.3. CUCHILLO, CUTTER, ESPÁTULA, TENAZA Y SIERRA PARA METAL

#### Objetivo

La finalidad del ensayo residió en comprobar la posibilidad de alterar la superficie de la cascarilla cerámica mediante el uso de herramientas de corte manuales, para eliminar pequeñas imperfecciones o para arrancar trozos grandes de cascarilla cerámica, como rebabas grandes (tenazas) y estudiar la reacción del material a una acción de corte mediante herramientas como: cuchillo, cutter, espátula, tenaza y sierra para metal.

#### Procedimiento

Descripción: cuchillos, cutters, espátulas planas, tenaza, alicates y sierra para metal.

En este ensayo se intervino con las herramientas antes citadas sobre distintas superficies. Para el ensayo se realizaron seis semiesferas de 10cm de diámetro y de aproximadamente 3mm de espesor, cocidas dos a dos a distinta temperatura (750°C, 1000°C y 1200°C).

Mediante cuchillo (extremidad) se perforaron desde su interior tres muestras y desde su exterior otras tres en su punto central para comprobar su tenacidad. Se incidió con cuchillo, espátula y cutter, tanto en la superficie como en las aristas del material con la intención de ensayar la resistencia del material a su corte, así como observar las distintas calidades y acabados obtenidos.

Se ensayó con sierra, tenazas y alicates el corte del material, especialmente aquellas partes "sobrantes" del mismo (Fig. III.85.).

## Resultado



Figura III.85. Utilización de herramientas en la modificación de la superficie de la cascarilla cerámica, espátula, sierra para metal, tenazas, cuchillo.

## Valoración y conclusión

Se comprobó:

Que se puede rectificar la superficie de la cascarilla cerámica mediante cuchillo, cutter, espátula y tenaza. Dichas herramientas, se pueden utilizar frecuentemente, ya que permiten intervenir sobre la superficie de la cascarilla cerámica con facilidad en zonas de difícil acceso debido a su tamaño y a su fácil uso.

Que se puede emplear la tenaza y alicate para eliminar las rebabas que pudieran aparecer, facilitando un desbaste más rápido de la superficie, para un posterior acabado más uniforme.

Que se puede emplear una sierra de arco para metal para cortar y dividir una superficie de cascarilla cerámica, obteniendo un corte limpio y preciso, y además que mediante esta herramienta la cascarilla cerámica sufre una pérdida de material de entre 1 y 1,5mm., debido al grosor de la hoja de la sierra.

Se observó:

Que el grado de cocción al que se somete el material, influye directamente en el grado de resistencia y por lo tanto en la dificultad de modificarlo o manipularlo. Experimentándose, que a mayor temperatura de cocción, mayor es la dureza (resistencia a la penetración de las herramientas).

Se verifica la posibilidad de alterar la cascarilla cerámica mediante cuchillos, cutters y espátulas planas, ya que permiten rectificar la superficie y las aristas de la cascarilla cerámica para modificar así, su forma, especialmente en aquellos objetos que tengan pequeños detalles o partes de difícil acceso o manipulación.

Se verifica la posibilidad de alterar la cascarilla cerámica mediante tenaza y alicates, ya que permite rectificar las pequeñas anomalías, imperfecciones y aristas de la cascarilla cerámica, para modificar así su forma.

Se verifica que la sierra de arco para metal, es un instrumento idóneo, que permite rectificar, seccionar y cortar la superficie de la cascarilla cerámica.

Se establece que:

Se puede modificar la superficie de la cascarilla cerámica cuando todavía está cruda, pero con mayor riesgo de rotura, además dependiendo del grado de cocción de la cascarilla cerámica, éste influye directamente en el grado de resistencia, y por lo tanto varía el riesgo de rotura:

Que entre 750°C-850°C existe riesgo de rotura de la cascarilla cerámica y que este riesgo, se va reduciendo proporcionalmente al aumentar la temperatura de cocción, aunque con esta temperatura (750°C-850°C) existe aún la posibilidad de modificar fácilmente la superficie de la cascarilla cerámica. En cambio, al aumentar la temperatura entre 1000°C y 1200°C, la cascarilla cerámica aumenta su dureza, provocando una mayor dificultad de modificación de su superficie con estas herramientas.

### **III.5.2.4. MECANIZADO (DREMEL)**

#### **Objetivo**

La finalidad del ensayo residió en alcanzar un proceso de trabajo que permitiera gran variedad de acabados sobre la superficie del material, modificándola a voluntad del artista. Aunque el uso de amoladoras angulares, permitía un desbaste mayor y más rápido, la vibración y la presión ejercida sobre el material, podía afectar negativamente a éste y provocar roturas. Así mismo no permitía trabajos de detalle en pequeñas piezas o pequeñas zonas. Por otro lado, las herramientas propiamente manuales, sí que permitían este tipo de acabados de superficie y también en situaciones más dificultosas, pero recomendables sólo en cascarilla cerámica de cocción inferior a 750°C, debido a la dureza que adquiere el material, al aumentar la temperatura de cocción.

Ante ello, se propuso el uso de una herramienta eléctrica que permitiera conjugar todas estas características o la mayoría de ellas.

En esta ocasión se optó por el uso de un minitaladro dremel, (marca del producto), una herramienta mecánica rotatoria empleada en bricolaje que permite mediante la aplicación de distintos accesorios intervenir la pieza de muchas formas, aunque su uso es muy adecuado para objetos de pequeño tamaño. Se puede emplear sobre todo, en últimos acabados y arreglos. (Fig. III.86).

#### **Procedimiento**

En este ensayo se intervino con las herramientas antes citadas sobre una superficie semiesférica de cascarilla cerámica, cocida a 750°C, de un tamaño aproximado de 10cm de diámetro y planchas planas de 20x20cm y un espesor medio pared de todas ellas de 3mm.

Se realizaron diversos tipos de cortes, perforaciones, lijado, rebajes,... de la superficie. Para ello se ensayó con la diversidad de accesorios y complementos que se utilizan con estas máquinas: brocas de diamante (de 0,8 a 3,2mm), disco de diamante, muelas abrasivas, lijas y discos abrasivos de esmeril.

#### **Valoración y conclusión**

Se comprobó que:

Se verifica la viabilidad de usar minitaladros, tanto para mecanizar la cascarilla cerámica, como para darle acabado: cortar, lijar, perforar, fresar, pulir, alisar, rebajar...

Que la cascarilla cerámica soporta la presión y la vibración del minitaladro (dremel), debido tanto al tamaño, como al control de velocidad del mismo. Por lo tanto, se alcanza un menor grado de rotura en el material.

Que provoca un corte, así como perforaciones limpias en la mayoría de la superficie debido a la pequeña sección de corte y de perforación.

Que la estructura sufre una escasa pérdida de material de entre 1 y 1,53mm, debido al grosor del disco de corte (Fig. III.86. nº 2).



Figura III.86. Utilización de minitaladro dremel en la modificación de la superficie de la cascarilla cerámica.

Se observó:

Que al ensayar la dremel (minitaladro) sobre una superficie de cascarilla cerámica aplicando sus distintas velocidades, en ninguno de los casos genera riesgo de ruptura, si se realizan movimientos controlados. Sin embargo, para altas velocidades, hay menor control del proceso de desgaste.

Por otro lado se comprueba el efecto desgastante de la cascarilla cerámica en tanto que material refractario sobre la herramienta.

Que al ser la cascarilla cerámica un material refractario, es necesario el uso de disco y material diamantado, así como brocas de widia.

Que el grado de cocción al que se someta el material, influye directamente en el grado de resistencia, y por lo tanto en posibles riesgos de rotura.

Que entre 750°C–850°C existe un riesgo mayor de rotura de la cascarilla cerámica, que se reduce al aumentar dicha temperatura. A 1000°C la cascarilla cerámica es capaz de absorber la vibración y la presión que se ejercita sobre ella, siendo esta resistencia mayor a 1200°C.

#### **Valoración y conclusión de los tratamientos sustractivos. Procedimientos abrasivos**

Las herramientas habituales de abrasión se pueden utilizar para modificar las superficies de la cascarilla cerámica. Tanto si la cascarilla cerámica está cruda como cocida a 750°C se puede intervenir fácilmente sobre su superficie.

Todas las herramientas que se emplean se desgastan con rapidez debido a la refractariedad de la cascarilla cerámica.



## III.6. PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS. CONSTRUCCIÓN, RECONSTRUCCIÓN Y RESTAURACIÓN CON CASCARILLA CERÁMICA

El procedimiento de construcción permite dar forma a una escultura utilizando piezas distintas preelaboradas. Éstas pueden ser del mismo material o no.

En este apartado se consideró la experiencia previa de fundición, los moldes de cascarilla cerámica rotos se pudieron reparar y reconstruir utilizando el mismo material.

En ocasiones es necesario realizar piezas separadas para juntarlas a continuación. Estas circunstancias pueden ser debidas a la complejidad de la pieza, compuesta de varias partes, que requiera elaborar de forma separada para unir las en una segunda fase o la necesidad de realizar piezas de gran tamaño construidas por partes, de manera que se puedan meter en el horno.

El hecho de que la cascarilla cerámica no se contraiga cuando esté cruda y de que ésta sea compatible con ella misma, permite realizar piezas más complejas, realizándolas por partes, de forma separada, y uniéndolas posteriormente, antes o después de la cocción. Muchas veces, el tamaño del horno condiciona el tamaño final de la pieza en cascarilla cerámica, obligando a la realización de piezas de pequeño tamaño.

### Objetivo

Se quiso comprobar si este procedimiento se podía utilizar con piezas preelaboradas de cascarilla cerámica.

En esta investigación se estableció: en primer lugar, qué tipo de papilla era adecuada para unir piezas ya cocidas; en segundo lugar, qué resistencia podía tener la unión de dos piezas ya cocidas, (para ello se realizaron ensayos de resistencia), y en tercer lugar, qué procedimiento podía ser útil para reconstruir una pieza rota de cascarilla cerámica.

### III.6.1. TIPO DE PAPILLA ADECUADA PARA UNIR PIEZAS CONFORMADAS DE CASCARILLA CERÁMICA

El método de construcción permite realizar piezas de forma separada y unir las después de la cocción usando como pegamento la misma papilla cerámica. De esta manera, se consigue una pieza de forma más compleja y de dimensiones mayores que las piezas conseguidas con otros métodos<sup>128</sup>.

### Objetivo

Establecer que tipo de papilla resultaba adecuada para unir piezas preelaboradas de cascarilla cerámica.

### Procedimiento

En un primer ensayo se ensayaron distintas composiciones de papilla que podían actuar de pasta de unión, enlazando las piezas de cascarilla cerámica ya cocidas:

- Se empleó como pasta de unión papilla de composición (aglutinante y refractario) 40/60%, 35/65%, 30/70%. Cada composición de papilla se aplicó mediante pincel entre dos esferas de 10cm de diámetro, brevemente cocidas a 750°C.

---

<sup>128</sup> También es posible unir las piezas utilizando cola blanca. Éste puede parecer un procedimiento poco ortodoxo, pero es útil conocer esta posibilidad. La porosidad de la cascarilla cerámica absorbe la cola blanca, consiguiéndose un ensamblaje entre los dos materiales. El punto añadido de cola blanca una vez seca no se aprecia en la superficie de la pieza.

- Se realizaron uniones de placas y de esferas. Las esferas estaban recubiertas con una papilla hecha con limadura de hierro proporcionándole así un color grisáceo (la papilla con limadura de hierro se presenta en el capítulo siguiente, ap IV.1.3., p. 335. "Aportación de limaduras de metales como componente de la cascarilla cerámica"). Este color grisáceo permite ver la capa de papilla añadida sobre las dos superficies esféricas (Fig. III.88.).
- Sistema de valoración de los resultados: fluidez de la papilla, tiempo de secado, y consistencia de la unión en crudo.

### Resultados



Figura III.87. Construcción.



Figura III.88. Esferas unidas con papilla de composición 40/60% (izquierda), esferas unidas con papilla 35/65% (centro) y esferas unidas con papilla 30/70% (derecha)

- 40/60%: se aplicó con pincel sobre el punto de unión de las dos piezas (Fig. III.88. nº 1 y nº 4). Las dos piezas se adhirieron correctamente, pero la composición resultó ser demasiado líquida formando una pequeña superficie de contacto y unión entre las dos

piezas. El tiempo de secado de esta papilla fue lento, con una fácil separación de las dos piezas. En el caso de las placas se pudo aplicar de la misma manera, aunque la superficie de contacto entre piezas era mayor y los problemas que generó este tipo de papilla no fueron tan importantes.

- 35/65%: esta composición se aplicó con pincel. Se consiguió una cohesión mayor entre las dos piezas respecto a la composición anterior. Con esta composición se formó más material entre las dos esferas formando una mayor superficie de unión. En este caso el secado fue más rápido. En el caso de las placas se pudo aplicar de la misma manera y el grado de cohesión fue mayor (Fig. III.88. nº 2 y nº 5).
- 30/70%: esta composición no pudo ser aplicada con pincel, ya que era muy densa, y además no unió las dos piezas. Esta composición resultó idónea para aplicarla sobre soporte y por el método de apretón. Con placas tampoco se obtuvieron resultados adecuados (Fig. III.88. nº 3 y nº 6).

Composición de papilla	40/60%	35/65%	30/70%
Fluidez de la papilla	Bastante fluida	Semifluida	Densa
Recubrimiento	Correcto	Correcto	Correcto
comportamiento durante el secado	Lento	Rápido	Rápido
Consistencia de la unión en crudo	Adhiere, pero inestable	Adhiere	No adhiere

Tabla III.59. Tabla de resultados.

### Valoración y conclusión

Se ha comprobado que una papilla 35/65% es la más adecuada para unir distintas piezas, lo cual permite un secado más rápido. Cuando se utiliza una papilla más líquida, ésta no une bien las dos partes, no rellena bien los huecos grandes y requiere un secado más lento (tabla III.59.).

Como consecuencia de estos resultados se han realizado experiencias complementarias útiles en la unión de piezas fragmentadas y en la restauración de las mismas, ver Fig. III.89.



Figura III.89. Reparación con pistola de silicona caliente (foto izquierda) arreglo con cera (foto derecha).

## III.6.2. ENSAYO DE RESISTENCIA CON PROBETAS RESTAURADAS DEL 2ª ENSAYO.

A lo largo de la realización de los ensayos de resistencia a la rotura fueron surgiendo algunas cuestiones sobre el comportamiento de la estructura de la cascarilla cerámica. Entre ellas, resultó interesante en el abordaje de esta investigación y cabe destacar la que hace referencia a la posibilidad de unir dos piezas de cascarilla cerámica ya cocidas, en la misma composición de papilla, y realizar una segunda cocción con el fin de averiguar la resistencia a la rotura de la papilla añadida respecto a la cascarilla cerámica cocida previamente.

Hasta ahora, se conocía la compatibilidad de la cascarilla cerámica consigo misma incluso después de la cocción. Se podía añadir la papilla sobre una superficie ya cocida sin presentar problemas de adherencia y permaneciendo unida tras la cocción. Sin embargo, se desconocía la resistencia a la rotura de esta unión, lo cual resultó ser el objeto del ensayo planteado a continuación.

### Objetivo

Averiguar el grado de resistencia de la parte reparada con papilla.

### Materiales empleados

Para este ensayo se emplearon cilindros hechos con PW 50 con la composición de papilla 35/65% procedentes de las probetas rotas del ensayo de resistencia (ap. II.7.1.3., p. 113) y cocidas a distinta temperatura.

Para unir se utilizó papilla de la misma composición PW 50 35/65% que en el ensayo anterior (ap. III.6.1), ya que con esta papilla se obtuvo el resultado más positivo.

### Procedimiento

El procedimiento consistió en aplicar la papilla con un pincel en el punto de unión de ambas partes, situado más o menos hacia la mitad de la pieza resultante ejerciendo una presión para fijar la unión, eliminando el exceso sobrante de papilla, y se dejó secar durante dos días.



Figura III.90. Procedimiento de preparación de probetas reparadas.

Una vez realizada la aplicación de la papilla y unidas las probetas, éstas se cocieron en grupos de cuatro a diferentes temperaturas y se sometieron a la prueba de rotura (Fig. III.90.).

### Valoraciones y conclusiones

La primera observación a anotar es que las probetas se rompieron justo en la junta de unión, punto donde se realizó la reparación.

En la tabla III.60 se pueden comparar los valores obtenidos de resistencia a la rotura de las probetas sin reparar y las reparadas. Cada tabla representa para cada temperatura de cocción los resultados de rotura para cada probeta, y el valor promedio en el resultado de la resistencia a la rotura para las probetas reparadas comparadas con las no reparadas. Se calculó también el porcentaje de disminución de la resistencia a la rotura a consecuencia de la reparación.

750 °C	Índice de rotura en peso (Kg)				
	Probetas integra	Espesor 1	Probetas reparadas	Espesor 2	
Ensayos	1	15,20	3,0 mm	12,10	3,5 mm
	2	16,30	3,2 mm	9,30	3,4 mm
	3	17,00	3,2 mm	10,80	3,6 mm
	4	17,70	3,3 mm	13,70	3,5 mm
Promedio	16,55	3,1 mm	11,47	3,5 mm	
Porcentaje disminución resistencia a la rotura		30%			

850 °C		Índice de rotura en peso (Kg)			
		Probetas integra	Espesor 1	Probetas reparadas	Espesor 2
Ensayos	1	22,20	3,0mm	15,00	2,9 mm
	2	24,80	3,3 mm	24,00	3,1 mm
	3	28,90	3,3 mm	22,10	3,6 mm
	4	30,50	3,5 mm	28,00	4,4 mm
<b>Promedio</b>		<b>26,60</b>	<b>3,2 mm</b>	<b>22,27</b>	<b>3,5 mm</b>
<b>Porcentaje disminución resistencia a la rotura</b>			<b>16%</b>		

1000 °C		Índice de rotura en peso (Kg)			
		Probetas integra	Espesor 1	Probetas reparadas	Espesor 2
Ensayos	1	55,50	3,0 mm	23,00	3,0 mm
	2	58,20	3,3 mm	30,30	4,1 mm
	3	61,00	3,5 mm	15,60	3,6 mm
	4	63,10	3,5 mm	21,60	4,2 mm
<b>Promedio</b>		<b>59,45</b>	<b>3,3 mm</b>	<b>22,65</b>	<b>3,7 mm</b>
<b>Porcentaje disminución resistencia a la rotura</b>			<b>61%</b>		

1200 °C		Índice de rotura en peso (Kg)			
		Probetas integra	Espesor 1	Probetas reparadas	Espesor 2
Ensayos	1	76,00	3,0 mm	29,60	3,8 mm
	2	79,60	3,4 mm	39,10	4,0 mm
	3	83,90	3,4 mm	No	No
	4	87,60	3,5 mm	34,40	4,0 mm
<b>Promedio</b>		<b>81,77</b>	<b>3,3 mm</b>	<b>34,36</b>	<b>3,9mm</b>
<b>Porcentaje disminución resistencia a la rotura</b>			<b>58%</b>		

Tablas III.60. Resistencia a la rotura antes y después de la reparación de las probetas.

A partir de los resultados del ensayo que recogen las tablas III.60 se puede decir que:

- Hay una pérdida considerable de resistencia a la rotura después de la reparación, que en general aumenta al aumentar el grado de cocción y comparando entre las probetas reparadas, éstas presentan una mejora en la resistencia a la rotura al aumentar el grado de cocción.
- Al reparar las probetas el espesor es mayor debido a que se acumula papilla en el interior del cilindro, sin embargo esto no contribuye a una mejora en la resistencia.
- La aplicación de la papilla ayuda a unir las partes pero no crea un solo cuerpo con la papilla anterior, la unión se produce gracias a la sílice coloidal, que actúa de ligante. La papilla actúa sólo de pegamento entre las partes de cascarilla cerámica previamente cocida.

Se puede concluir por tanto, que la aplicación de papilla sobre una cascarilla cerámica ya cocida no presenta la misma resistencia a la rotura que en la primera cocción. Además se puede decir que si se requiere aplicar este procedimiento, es más adecuado realizar la segunda cocción a 875°C o 1200°C, y así tener una pieza final más resistente. A 875°C, la disminución de la resistencia a la rotura es sólo del 16% respecto a la que presentan las piezas sin reparar. A 1000°C se obtienen piezas mucho más resistentes, tanto en piezas reparadas como sin reparar (tabla III.60.).

### III.6.3. INFORMACIÓN DE LA RECOCCIÓN BASADA EN EXPERIENCIAS PREVIAS

La cascarilla cerámica debido a su carácter refractario permite ser cocida más de una vez. Esta recocción permite:

- Endurecer la papilla añadida en la reparación de la pieza de cascarilla cerámica.
- Endurecer la papilla utilizada para unir las distintas piezas de cascarilla cerámica.

La recocción se puede realizar utilizando un horno, aunque se tiene que tener en cuenta que la papilla añadida no tiene la misma adherencia y resistencia que la papilla aplicada durante la realización de la pieza en cascarilla cerámica, tal y como se comprobó en el ensayo de resistencia de las probetas restauradas (ap. III.6.2. p. 297), de manera que una pieza unida posteriormente puede ser recocida a 850°C, mejorando así las propiedades respecto a cocciones a otras temperaturas.

Otro método habitual como alternativa a la utilización del horno, sería el empleo de un soplete de gas, focalizando la fuente de calor en las partes en las cuales se ha añadido la mezcla cerámica. Para mejorar la consolidación de la parte añadida, se calienta con el soplete el punto en cuestión hasta que éste alcanza la coloración rojo vivo.

La cascarilla cerámica no presenta deformación después de ser sometida varias veces a distinta temperatura, indistintamente de si se emplea un método rápido o lento de cocción.

Puede ocurrir que la papilla aplicada la segunda vez se cueza a una temperatura baja, manifestándose en la diferencia de color, ya que éste puede variar en función del grado de cocción (III.4.4., p. 281).

### III.6.4. UNIÓN Y RESTAURACIÓN DE PIEZAS DE CASCARILLA CERÁMICA

La cascarilla cerámica como se ha podido comprobar anteriormente, tiene las siguientes características: contracción imperceptible, sólo cociéndola a 1200°C (Cap. II, ap. II.11., p.187), presenta resistencia térmica y compatibilidad consigo misma, antes y después de la cocción (ap. III.6.1. p. 295 y ap. III.6.3. p.298). Con estas propiedades es posible modificar la superficie mediante la utilización de herramientas (ap. III.5.2. p.287) o añadiendo papilla sobre la pieza (ap. III.4.4. p.281), quedando este material bien adherido a la superficie y resultando imperceptible a la vista.

Para que la papilla añadida se adhiera sobre la cascarilla cerámica cocida o seca (deshidratada en ambos casos), es preferible que ésta tenga una densidad intermedia ya que la cascarilla cerámica sobre la que se aplica, absorbe el líquido de la misma y obteniéndose así una unión más estable de las dos partes. Como se comprobó anteriormente la papilla idónea es la compuesta de un 35% de aglutinante PW 50 y un 65% de refractario Moloquita 50-80dd, (III.6.1.).

Con los conocimientos obtenidos en esta investigación y partiendo del conocimiento de la fundición, se sabe que una cascarilla cerámica se puede arreglar y modificar mediante aplicación posterior de papilla, en este apartado se quiso experimentar otra manera de reparar la cascarilla cerámica.

Un método habitual de fundición para reparar molde de cascarilla cerámica consiste en aplicar sobre la superficie rota de la cascarilla cerámica una capa de papilla, y sobre ésta una capa de fibra de vidrio, a la que se añade más papilla y un rebozado.

#### Objetivo

Experimentar procedimientos alternativos de reparación y modificación de la pieza de cascarilla cerámica.

### II.6.4.1. PROCEDIMIENTO DE REPARACIÓN DE FISURAS

#### Objetivo

Comprobar que tipo de papilla podía penetrar entre la fisura que se ha formado en la cascarilla cerámica.

#### Procedimiento

Se emplearon dos tipos de papilla 40/60% y 35/65%, y se pusieron en la fisura que se había formado en la cascarilla cerámica brevemente cocida. Mediante observación se evaluó cuál de las dos papillas penetraba en la fisura.

#### Resultados

Se observó que la papilla era absorbida por la pieza deshidratada.

La papilla más líquida penetró correctamente en el interior de la grieta que se pretendía restaurar.

La papilla densa no penetró en profundidad y permaneció en la parte superficial generando espacios huecos.

Causa	Fractura	
Composición de papilla empleada	40/60%	35/65%
Fluidez de la papilla	Bastante fluida para penetrar en la fisura	No penetra bastante en la fisura
Recubrimiento	Correcto, penetra en la grieta o fisura	Correcto para sellar y uniformar la superficie
Comportamiento durante el secado	Lento	Lento
Consistencia de la unión en crudo	Adhiere	Adhiere

Tabla III.61. Tabla de resultados.

#### Valoración y conclusión

En el caso de fisuras, es oportuno usar una papilla más líquida que pueda penetrar en éstas (en este caso una composición 40/60%). Una papilla más densa (35/65%) tiene más dificultad de penetrar en la fisura.

Lógicamente, después de la papilla líquida se puede aplicar una papilla más densa para rellenar huecos (35/65%), añadiendo opcionalmente rebozado, dependiendo de la textura de la pieza (tabla III.61.).

### III.6.4.2. PROCEDIMIENTO DE RECONSTRUCCIÓN Y REPOSICIÓN DE MATERIA EN LOS ESPACIOS HUECOS.

Cuando la estructura presentaba una rotura con falta de material, resultó complicado reconstruir la parte faltante con la aplicación directa de la papilla reparadora, ya que ésta no tenía la consistencia adecuada para mantenerse en la zona a reparar.

#### Objetivo

Reconstruir y remodelar cavidades de cascarilla cerámica.

#### Procedimiento

Se implantó un parche de papel impregnado con papilla densa 35/65% sobre el hueco que se pretendía reconstruir y remodelar. Una vez seca la papilla se retiró el papel.

### Resultados

El papel actuó como soporte de la papilla. Se consiguió cerrar el agujero con una capa de papilla. Una vez seco, se eliminó el papel con facilidad. Utilizando periódico se observó que el texto permanece impreso en el parche de cascarilla cerámica (Fig.91.).



Figura III.91. Reparación realizada con papel.

Causa	Reconstrucción parte faltante
Reconstrucción mediante	Papel
Papilla empleada	35/65%
Unión de estos materiales sobre la superficie	Adecuado
Tiempo de aplicación	Rápido
Estabilidad	Estable
Comportamiento durante el secado	Lento
Resultado	Se consigue conformar la parte faltante de cascarilla cerámica

Tabla III.62. Tabla de resultados.

### Valoración y conclusión

Es adecuado utilizar papel para sellar las cavidades con papilla cerámica. En resultados posteriores se ha observado que se puede remodelar sobre este parche de base añadiendo nuevas capas de cascarilla cerámica (tabla III.62.).

## III.6.5. RECICLAJE DE FRAGMENTOS DE MOLDE DE CASCARILLA CERÁMICA EN PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN.

Se puede proceder a la unión de piezas de cascarilla cerámica, por lo tanto se consideró la posibilidad de reciclar fragmentos procedentes de los moldes de cascarilla cerámica que habían sido destruidos para liberar las piezas contenidas en su interior.

### Objetivo

Experimentar la recuperación de molde de cascarilla cerámica para la construcción de piezas.

### Procedimiento

Para unir la piezas se usó la papilla 35/65%,

Se aplicó en los puntos de unión con pincel y posteriormente se coció en el horno.

Una vez unidos los fragmentos, se sometió la composición resultante a una nueva cocción.

### Resultado



Figura III.92. Escultura con material procedente de un molde de cascarilla cerámica reciclado.

Con el uso de papilla se unieron los restos de la Fig. III.92. consiguiéndose así formas peculiares.

### Conclusión y valoración

Se pueden utilizar los fragmentos de molde y recomponer de la manera deseada utilizando como material de unión papilla 35/65%.



## III.7. CONCLUSIONES DEL TERCER CAPÍTULO

En este capítulo se experimentaron los procedimientos escultóricos a partir de casos concretos, con el objetivo de observar la viabilidad de las posibilidades de uso de este material en los ámbitos del moldeado y vaciado, modelado, construcción y tallado.

### **Con respecto a los procedimientos de recubrimiento de soportes.**

En primer lugar se estudiaron los tensoactivos concluyendo que la goma laca y el jabón son productos adecuados para facilitar el recubrimiento, confirmando de esta manera la experiencia previa de la fundición. No obstante, se observó que la papilla 35/65% puede ser aplicada sobre los soportes sin la aplicación previa de los tensoactivos, ya que esta papilla recubre uniformemente el soporte.

En cuanto a las modalidades de aplicación de la papilla se consideró que el sistema que permite obtener mejores resultados para esta tesis es el del pincel, dado que permite regular la fluidez de papilla sobre la superficie, controlar el espesor que se produce sobre el soporte, usar distintos tipos de soportes, el recubrimiento localizado y minimizar el consumo de material.

### **Con respecto a los desmoldeantes.**

En primer lugar se estudiaron los desmoldeantes y se estableció que la goma laca funciona correctamente, también como desmoldeante, aplicándolo sobre el soporte. La goma laca actúa como impermeabilizante evitando que la papilla del recubrimiento entre en contacto con los materiales del soporte, por otro lado actúa como rigidizante al aplicarlo sobre materiales poco consistentes.

### **Con respecto a los separadores.**

Cuando no es necesario obtener un registro extremadamente fiel se pueden utilizar los separadores, en este caso el plástico actúa como un excelente separador. Se constató que una vez que la cascarilla cerámica está seca, sin necesidad de cocción, ésta se separa de los plásticos experimentados sin dificultad. Por otro lado, se encontraron otros materiales separadores, la combinación de estratificados de goma laca, escayola y goma laca puede ser empleada como separador cuando el soporte es del mismo material de cascarilla cerámica.

### **Con respecto a los procedimientos de moldeado.**

El tipo de soporte o modelo que se pretende moldear es fundamental, y el hecho de que este material se pueda retirar con facilidad del interior de la cascarilla cerámica también, por ello se centró la atención sobre los materiales combustibles. Con respecto a la cera, como material de soporte se remite a los resultados de la fundición; con respecto a la madera se concluyó que es oportuno emplear como soporte madera blanda, especialmente la de balsa o conglomerados. Por lo que respecta al papel, la dificultad deriva de su escasa consistencia, por lo que se requiere un sistema de aplicación específico. El empleo del cartón también es viable, aunque en experiencias de capítulos posteriores se matizan conclusiones. Los materiales vegetales dan excelentes resultados, se plantean procedimientos diferenciados de aplicación de la papilla en función de la consistencia de los vegetales. Los plásticos experimentados permiten desmoldear la cascarilla cerámica sin quemarlos. Finalmente, con los materiales textiles experimentados se puede aplicar la cascarilla cerámica aunque el procedimiento es largo y laborioso.

### **Con respecto a los procedimientos de vaciado.**

Este procedimiento permite obtener reproducciones de cascarilla cerámica con distintos tipos de moldes. Los moldes combustibles de origen orgánico o los moldes de origen industrial (objetos de consumo cotidiano o industrial) funcionan de forma eficaz sin alterar la cascarilla cerámica. La plastilina permite obtener impresiones y a partir de ellas piezas de cascarilla cerámica, sin cocción, dado que su plasticidad permite un buen desmoldeado. El molde de silicona permite editar varias piezas de cascarilla cerámica, incorpora las ventajas de este tipo de molde para la edición múltiple y para su desmoldeado. El inconveniente radica en la conveniencia de trabajar con molde abierto. El molde de escayola sorprendentemente ha permitido obtener buenos resultados tras la cocción, siendo éste uno de los resultados más valiosos para la presente investigación. Con respecto al procedimiento del encofrado, el

material más idóneo para conformar el encofrado es el plástico, aunque también funciona con una plancha de hierro o contrachapado plastificado.

#### **Con respecto a los procedimientos de modelado.**

Se puede utilizar la cascarilla cerámica para modelar, aunque las pastas experimentadas ofrecen resultados limitados de plasticidad, de consistencia y de secado, por todo ello se consideran limitadas las posibilidades de la cascarilla cerámica como material para modelado. Los resultados sobre distintos tipos de soporte dependen más del tipo de masa modelable que del tipo de soporte, y en tanto que dependen de ésta, el sistema de aplicación de la misma aporta resultados importantes. La aplicación sobre estructuras rígidas permite un modelado por recubrimiento con capas, más que un modelado con masa, siendo los mejores resultados los de modelado por estratificado.

#### **Con respecto a los procedimientos sustractivos de talla.**

Se concluye que este procedimiento no es el más adecuado para este material, aunque si se puede manipular con estas técnicas.

#### **Con respecto a los procedimientos abrasivos.**

Se han utilizado múltiples tipos de herramientas para modificar mediante la abrasión la cascarilla cerámica. Todas ellas permiten modificar su superficie. Se puede manipular con abrasivos tanto en crudo como con la cascarilla cerámica cocida. La dureza de este material una vez cocido desgasta fácilmente las herramientas. Si la cascarilla cerámica se cuece por encima de los 750°C la dureza de la misma se incrementa considerablemente, lo que dificulta el trabajo de abrasión.

#### **Con respecto a los procedimientos constructivos.**

En la construcción se ha puesto el énfasis en el estudio de los materiales de unión, y la papilla que ha permitido obtener mejores resultados para la actividad constructiva es la 35/65%. No obstante, si lo que se pretende es reconstruir piezas (restaurar) se pueden utilizar otros tipos de papillas.